ANNUAL LETTER

1992-93

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY
RÍO PIEDRAS, PUERTO RICO

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
FOREST SERVICE

International Institute of Tropical Forestry
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-5000

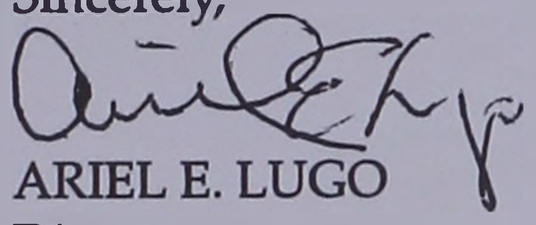
Dear Friends:

This letter covers the period from October 1, 1992, through September 30, 1993, a landmark year for our organization. In December 1992, the Institute of Tropical Forestry expanded its role under the direction of the USDA Forest Service to become the International Institute of Tropical Forestry (IITF). Whereas research is still a major program of the Institute, we have expanded our emphasis on international cooperation. This includes transferring technology and sharing information with natural resource managers, scientists, governmental officials, and communities located in tropical forests, especially in Latin America and the Caribbean. Thus, 1993 was a period of transition as we adjusted our staff, resources, and direction to accommodate our newly expanded mission.

This year's Annual Letter provides summary information on our various programs, initiatives, and partnerships. You will find information on research studies by Institute scientists and cooperators along with tables summarizing IITF activities.

I hope you will find this Annual Letter informative. We are excited about our expanded mission and goals and look forward to answering any questions you may have regarding our current program of work or the opportunities available for our working together to develop a better understanding of tropical forests.

Sincerely,



ARIEL E. LUGO
Director

Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-5000

Queridos Amigos:

Esta carta abarca el período de octubre 1 de 1992 al 30 de septiembre 1993, un año memorable para nuestra organización. En diciembre de 1992 el Instituto de Dasonomía Tropical amplió sus funciones bajo la dirección del Servicio Forestal de los EE.UU. para convertirse en el nuevo Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT). Si bien la investigación continúa siendo uno de los principales programas del Instituto, hemos ampliado nuestro énfasis en la Cooperación Internacional. Esto incluye la transferencia de tecnología y el intercambio de información sobre los bosques tropicales con administradores de recursos naturales, científicos, oficiales gubernamentales y comunidades, en particular en América Latina y en el Caribe. Así pues, 1993 fue un período de transición mientras ajustábamos nuestro personal, recursos y dirección para acomodar nuestra recién ampliada misión.

Este año nuestra Carta Anual provee un resumen informativo de los diferentes programas, iniciativas y proyectos cooperativos del Instituto. Encontrarán información sobre las investigaciones realizadas por los científicos del Instituto y sus colaboradores y una tabla informativa que resume las actividades del IIDT.

Espero que encuentren esta Carta Anual informativa. Estamos entusiasmados con nuestra misión y metas ampliadas y con sumo agrado contestaremos cualquier pregunta que puedan tener sobre nuestro programa actual de trabajo o las oportunidades para trabajar juntos a fin de desarrollar una mayor comprensión de nuestros bosques tropicales.

Cordialmente,

ARIEL E. LUGO
Director

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY ANNUAL LETTER

1993
Contents

	Page
Introduction	1
Plantation Forestry Research *John K. Francis*	9
Forestry Research and Management/International Cooperation *Peter L. Weaver*	11
Plantation Forestry Research: Rehabilitation of Degraded Lands *John A. Parrotta*	13
Forest Inventory *S. Alemañy, I. Vicens, and J. Ramírez*	16
Others Ecological Studies *Carlos D. Rodríguez Pedraza*	19
Ecological Studies *Ariel E. Lugo*	26
Watershed Research *F.N. Scatena*	39
Land-use Change and Nitrous Oxide (N_2O) Emissions: A Study in Sarapiquí Cantón, Heredia, Costa Rica *Michael Keller*	43
Nutrient Availability in a Montane Wet Tropical Forest in Puerto Rico: Spatial Patterns and Methodological Considerations *Whendee Silver*	46
Entomological Studies *Juan A. Torres*	48
Wildlife Research *Joseph M. Wunderle, Jr.*	49
Long-Term Avian Research *Wayne J. Arendt*	53
Wildlife Research *Robert A. Askins and David N. Ewert*	56

Page

Research in Social Ecology 60
Robert Walker

International Cooperation and State and Private Forestry 61
Frank H. Wadsworth

Parrot Research 62
J. Michael Meyers

Chemistry Laboratory 64
Mary Jeane Sánchez

Center for Research Mycology Research 67
D.J. Lodge

Table 1. -Activities which International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participated during FY 1992-93 68

Table 2. -Committees or delegations having International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participation 73

Table 3. -Visitors to the International Institute of Tropical Forestry 75

Appendix
(Recent Publications of the International Institute of Tropical Forestry) 89

Versión en Español 105

CARTA ANUAL DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE DASONOMÍA TROPICAL

1993
Contenido

Página

Introducción 107

Investigación en plantaciones forestales 115
John K. Francis

Investigación y manejo forestal/cooperación internacional 117
Peter L. Weaver

Investigación de plantaciones forestales: rehabilitación de áreas degradadas 119
John A. Parrotta

Inventario forestal 122
S. Alemañy, I. Vicens, y J. Ramírez

Otros estudios ecológicos 125
Carlos D. Rodríguez Pedraza

Estudios ecológicos 132
Ariel E. Lugo

Investigación sobre cuencas hidrográficas 146
F.N. Scatena

Cambios del uso de la tierra y la emisión del oxido nitroso (N_2O): un estudio en el Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica 150
Michael Keller

Disponibilidad de nutrientes en un bosque tropical lluvioso montano en Puerto Rico: patrones espaciales y consideraciones metodólogicas 153
Whendee Silver

Estudios entomológicos 156
Juan A. Torres

Investigación de vida silvestre 157
Joseph M. Wunderle Jr.

Investigaciones de aves a largo plazo 161
Wayne J. Arendt

Página

Investigación en vida silvestre 164
Robert A. Askins y David N. Ewert

Investigación en el área de ecología social 168
Robert Walker

La cooperación internacional y la dasonomía estatal y privada 169
Frank H. Wadsworth

Investigación de cotorras 170
J. Michael Meyers

Laboratorio de química 172
Mary Jeane Sánchez

Centro de investigación micológica (CIM) 175
D. J. Lodge

Tabla 1. -Actividades en las cuales el personal del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) participó durante el Año Fiscal 1992-93 68

Tabla 2. -Comités o delegaciones que cuentan con la participación de los empleados del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) 73

Tabla 3. -Visitantes al Instituto Internacional de Dasonomía Tropical 75

Apéndice
(Publicaciones recientes del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical) 89

INTRODUCTION

In December 1992, the Institute of Tropical Forestry expanded its role and mission and began functioning as the International Institute of Tropical Forestry (IITF). The IITF now plays an even greater role in promoting international cooperation along with State and private forestry, combining the efforts of tropical forest research with natural resource management information, and ultimately sharing these results with others in the Tropics.

The IITF, in collaboration with the University of Puerto Rico and the Caribbean National Forest (CNF), has been conducting tropical forestry research since 1939 when the Institute was established in Río Piedras.

The objectives of the new International Institute are:

To develop and exchange knowledge critical to sustaining tropical ecosystem benefits for humankind. The IITF unites the management of the Caribbean National Forest/Luquillo Experimental Forest and conducts research, training, and educational activities; it participates in cooperative efforts with other natural resource organizations.

To deal more effectively with complex physical, social, and economic issues of managing tropical forests. The IITF builds on a 54-year tradition of interdisciplinary research. The present research staff consists of foresters, wildlife and terrestrial ecologists, geomorphologists, biologists, botanists, zoologists, and atmospheric scientists. These scientists work both independently and jointly with outside collaborators and are involved in long-term studies in Puerto Rico, Brazil, Costa Rica, Venezuela, and elsewhere in the Caribbean and Latin America. They are supported by a cadre of biologists, chemists, and technicians. Several specialists work in international and State and private forestry programs. An administrative staff oversees budgets, personnel, purchasing, and other business functions.

The IITF headquarters are located on the University of Puerto Rico campus at the Botanical Garden in Río Piedras, Puerto Rico, a suburb of San Juan. A laboratory provides facilities for chemical analysis of soil, water, and air samples. A 50,000-document library specializes in tropical forests. At the Luquillo Experimental Forest, (also known as the Caribbean National Forest, and located on the eastern side of the island of Puerto Rico), there are additional office and research facilities.

IITF Research is divided into four units:

(l) Forest Management,
(2) Ecosystem Management,
(3) Wildlife Management, and
(4) Social Ecology.

Four major problem areas direct the focus of research at the IITF. These include:

(l) Insufficient knowledge to restore or rehabilitate degraded lands and secondary forests in a socially and economically feasible manner.

(2) Lack of knowledge and predictive methods to understand the internal dynamics and external influences that affect the atmospheric and hydrologic characteristics of forested and tropical watersheds.

(3) The need for the identification and characterization of habitat stresses threatening or endangering tropical wildlife and the development of better, more effective management practices.

(4) The need to quantify the social and economic value of tropical forests.

FOREST MANAGEMENT RESEARCH

This program focuses on providing natural resource managers with information to manage commercial forests on a sustained and environmentally safe manner. Efforts are directed not only at Puerto Rico, but to other tropical areas as well.

Many studies have focused on mahogany and Caribbean pine plantations. Measurement of long-term growth plots in the Luquillo Experimental Forest have yielded a wealth of data regarding various stands of these species in dry, moist, and wet forests of Puerto Rico. Degraded lands in the Tropics are also being studied.

The objective of the Forest Management Research group is to: conduct research and technology transfer relating to management of forests, both planted and natural. Work is directed at sites, genotypes, and cultural practices of plantations as well as growth and management of secondary forests. A transition is being made towards investigating problems of effectively establishing and managing trees and secondary forests following disturbances and land-use changes in the Tropics. This new focus brings a strong commitment to international cooperation and the resulting opportunities for cooperative research in foreign countries.

Each year tropical forests and woodlands are destroyed or degraded worldwide through agricultural practices, fuelwood collection, and improper logging. Tropical agricultural lands are abandoned because of severe degradation. Forestry research can play an important role in rehabilitating these lands, developing silvicultural techniques to optimize forest conditions, and accelerate secondary forest succession on degraded sites.

During 1993, IITF research activities in plantation forestry included ongoing studies in Puerto Rico, collaborative research in India, and a workshop/symposium on management and rehabilitation on degraded lands and secondary forests in the Amazonia region of Brazil.

Examples of cooperative research and management in the Caribbean region include the assistance given in establishing nature trails in Antigua and Grenada and the implementation of reforestation projects in Montserrat.

In Puerto Rico, studies continued on relating maximum hurricane wind - gust speeds to tree damage. Results of these studies may be useful in helping predict and therefore avoid future damage to tree species in hurricane-prone areas. Monographs of seven tree species were added to the Tropical Silvics Manual, an ongoing project. New entries were made to the expanding list of the champion trees of Puerto Rico. This list includes large specimens of various tree species found throughout the island.

ECOSYSTEM RESEARCH

Tropical watersheds constitute approximately half of the world's forested areas and contribute a significant, but poorly understood, fraction of the earth's hydrologic and biogeochemical budgets. The management of complex tropical forests requires a basic understanding of the physical and biological processes of these ecosystems and the natural and human disturbances that affect them.

This research unit looks at natural and human disturbances that affect tropical forests and how the forest responds to these disturbances. Scientists work to develop a basic understanding of these forests so that they can provide resource managers with better information for anticipating and managing the environmental changes that follow both natural and manmade disturbances.

Studies concentrate on the effects of hurricanes, landslides, forestry, land-use conversions, and recreation. Long-term studies of watersheds, biogeochemistry, global change, and ecological systems are also analyzed.

A portion of this research is conducted in the Bisley area of the Luquillo Experimental Forest in a network of long-term research plots. Riparian research takes place on aquatic and terrestrial wildlife and riparian vegetation. Monitoring sites for global-change studies are set up at the La Selva Field Station in Costa Rica.

Watershed Research

Activities in watershed research during 1993 included sponsoring an international symposium on tropical montane cloud forests and expanding riparian studies. Long-term ecological research continued on the recovery of the Bisley watersheds after Hurricane Hugo, which impacted the island in September 1989.

Studies began on the consequences of human activity on the Bisley experimental watersheds. Cooperative research with the University of Puerto Rico and Colorado State University focused on changes in soil and vegetation as a result of changes in land use from active pasture land to reforestation.

Recreation Research

In cooperation with the Caribbean National Forest, studies began on the impact of recreation use on tropical forest ecosystems. As ecotourism and recreational use of tropical forests continue to increase, this information may be valuable and applicable in achieving a balance of uses in tropical forest ecosystems in Puerto Rico and elsewhere. Tropical forests are complex ecosystems and very little is known about the effect of recreation activities on these systems. Studies began by monitoring and quantifying the effects of recreation activities in the Luquillo Experimental Forest.

Related to this research was a study of the economic value of the Luquillo ecosystem and studies of the impact of recreation on forest vegetation. Long-term vegetation plots on a range of trails in the forest were established for monitoring.

Environmental History

With ever-increasing populations and the resulting impact on land, the demand for conversion of natural tropical forest systems to agricultural land will increase. These land conversions will necessarily increase the use of fertilizers, herbicides, irrigation, and other practices as well.

The forests of Puerto Rico have been studied intensively since the many land changes of the 1950's. Land use has changed from forest to agriculture and then to industrial and urban use. This information is currently being used to help identify the long-term effects of various land-use practices presently being employed in Puerto Rico.

Related studies continued on the geomorphology of streams and floodplains in the Luquillo Mountains focusing on the changes in riparian ecosystems following European settlement.

Ecology of Dry Tropical Forests

Dry tropical forests comprise 42 percent of all tropical and subtropical forest lands and support the largest fraction of the human population living in the Tropics. The IITF has been studying these important dry forest ecosystems at sites in St. Croix and St. John, U.S. Virgin Islands, as well as the Guánica State Forest in southwestern Puerto Rico.

WILDLIFE RESEARCH

The objective of the IITF wildlife research program is to identify and characterize the habitat stresses that threaten or endanger wildlife populations and to develop better management practices. Research efforts focus on natural and human-induced stresses affecting threatened and sensitive wildlife in various tropical habitats. There are long-term studies on the population, biology, and ecology of the pearly-eyed thrasher, the birds of Guánica Dry Forest, and variations in the food supply of the Puerto Rican parrot.

Studies continued on the distribution of migratory warblers in different habitats on the islands of St. John and St. Thomas and on population changes in warblers at sites on St. John. The study includes an analysis of feeding behavior and prey availability of wintering warblers.

During fiscal year 1993, a new project on neotropical migratory birds was initiated in small and large coffee plantations in the Dominican Republic.

SOCIAL ECOLOGY RESEARCH

Social ecology research at the IITF concentrates on the human dimensions of forest management and addresses relationships between human populations and forest resources. Research looks at the effects of invasive mobility of populations in tropical locations, which is driven by sustainable land uses. Areas of study include: assessment of land-use practices in the Santarem triangle of Brazil and their relationships to forest maintenance, adoption of woody vegetation into farming systems, and the use of fire. Studies include the quantification of the economic value of tropical forests as well as social and environmental affects of recreation in tropical forests.

In 1993, surveys were taken along the Transamazon Highway in Brazil in cooperation with Brazilian scientists and natural resource managers. Teams were trained in survey research techniques, approaches to random sampling, and the use of Global Positioning Systems (GPS) technology. Information on socio-economic conditions was collected, and farm areas were mapped.

SPECIAL PROJECTS
ASSOCIATION OF TROPICAL BIOLOGISTS CONFERENCE

In June 1993, the IITF cosponsored the 30th anniversary of the Association for Tropical Biology (ATB) in San Juan. Over 300 participants from various parts of the world attended this meeting. Concurrently, the IITF cohosted an international symposium on tropical montane forests with the East-West Center of Hawaii.

The ATB is an international society of biologists interested in the many aspects of tropical forest ecosystems. The 4-day event featured speakers, presentations of papers, discussions, and field trips around the Island to view the variety of ecosystems in Puerto Rico.

NEO-TROPICAL MIGRATORY BIRDS

Many species of migrant songbirds breed in North America and winter in the tropics of Central and South America and the Caribbean. In recent years, studies show that populations of these birds have been declining. This decline is thought to be influenced by human-caused habitat changes, both at breeding grounds and in wintering areas. Recent local population declines are attributed mostly to forest fragmentation on the Northern Breeding grounds and the rate of deforestation in Middle America and the Caribbean.

The IITF program focuses on identifying the pattern of migrant distributions among the Caribbean Islands describing the habitat various species and monitoring of the long-term migrant populations. It is suggested that patch size and distribution of food supply affect migrant abundance.

GLOBAL CHANGE

This program focuses on studying the chemical and physical interactions of tropical forests and the atmosphere. Studies focus on the influence of tropical forest deforestation and land use change on atmospheric chemical composition, the storage of carbon in the biosphere and the influence of climate on the distribution of tropical biota.

IITF is focusing on the study of large areas of the humid tropics which are being converted from forest to pasture and agriculture. As human populations continue to increase and tropical forests continue to be converted to agriculture also increases. The use of fertilizers, irrigation, herbicides and other management paractives will continue to rise. These land conversions are being studied to determine the amount of nitrous oxide is being produced in the soils - a major contributor to greenhouse gas effects.

Studies indicate that the nitrous oxide levels are highest after deforestation occurs, deplete in old pastures and then rise again as lands are converted to agricultural use and crops.

RESEARCH - NATIONAL SCIENCE FOUNDATION LTER

In FY 93, the Luquillo Experimental Forest began its fifth year of consolidating the knowledge gained since Hurricane Hugo (September 1989). Further research objectives have also been formulated. The LTER project is a cooperative effort between the IITF, the Terrestrial Ecology Division of the University of Puerto Rico, and various other cooperators that have been using the

Luquillo Experimental Forest to conduct long-term research on the effects of disturbances, such as hurricanes, on available resources. A goal of the study is to determine the frequency, intensity, spatial distribution, areal extent, and immediate and long-term effects of disturbances such as hurricanes, landslides, and nonhurricane-related tree falls, and human disturbances.

Studies include: investigating hurricane history and landscape effects; comparing above-and below-ground nutrient pools and nutrient cycles; hydrological and wetlands studies; and effects of land change and disturbances on atmospheric chemistry.

INTERNATIONAL COOPERATION

The International Cooperation Unit at the IITF serves as a base for Latin American and U.S. resource managers and researchers to interact and work cooperatively. The function of this unit is to balance the research programs of the Institute with greater emphasis on technology transfer outreach. The program is funded by the USDA Forest Service's Tropical Forestry and Cooperative Forestry Programs as well as the U.S. Agency for International Development (USAID).

The newly formed International Cooperation Unit is currently in the process of staffing to meet future needs and goals. The unit's staff has been designed to serve both local and foreign forestry needs. (A foreign assistance team will include two generalists, one covering the Caribbean for USAID and the other in tropical Latin America. Other specialists will eventually work for the unit providing expertise in silviculture, natural forests, plantation forestry, and forest utilization.) The team will work to discern and assist in the development of worthwhile projects to submit for sources of support through the USDA Forest Service, USAID, or other contributors.

STATE AND PRIVATE FORESTRY

The State and Private Forestry Program is designed to work closely with local government natural resource agencies and provide assistance for public benefit. The IITF's program focuses on Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. The goal is to share resources and ideas to maximize cooperation and efficiency among all these agencies. The IITF plans to expand its State and Private Forestry Program. Current projects include assisting the Puerto Rico Department of Natural Resources in the inventory and research of land use and botany for each of the State forests. The information gathered will be compiled in a series of brochures to be provided to the general public.

CARIBBEAN NATIONAL FOREST

Employees of the Caribbean National Forest provide daily land management of the 28,000-acre (11,000-ha) tropical forest. Program management emphasis in the forest includes recreation, wildlife, watersheds, and special-use programs. Forest personnel work with IITF staff on projects which include studies of customer use and recreation; and watershed studies. Assistance is provided with GIS (Geographical Information System) information on developing maps for the Bisley Watershed area. Information is shared with other cooperators as well. The CNF wildlife crews assist IITF personnel in neotropical bird inventories on the Forest.

FOREST PRODUCTS LABORATORY

The Forest Products Laboratory has a small unit located in Puerto Rico, which focuses on utilization of tropical forest products and tropical mycology. The headquarters of the Forest Products Laboratory is located in Madison, Wisconsin. It contributes to the conservation and management of forests by using science and technology to improve the utilization of wood.

PLANTATION FORESTRY RESEARCH

John K. Francis
Research Forester

The effects of Hurricane Hugo are healing, and the memory of the event is receding into history; but eventually, another such event is destined to occur. Results of a study relating maximum hurricane-gust speeds to tree damage may help predict and therefore avoid future damage. The degree of damage to 1,226 trees of 81 species on 18 sites in the Caribbean with maximum gust speeds ranging from 56 to 322 km/hr was recorded. Damage (defoliation, minor branch breakage, major branch breakage, trunk snap, and tipping) began at gust speeds of about 60 km/hr, increased rapidly with gusts of about 130 km/hr, and although highly variable, did not worsen at higher speeds. The most severe forms of damage were apparently avoided by the more hurricane-resistant broadleaf species as the crown surface area was quickly reduced by loss of leaves and twigs. Palms were more resistant to wind damage than broadleaf trees (Francis and Gillespie 1993).

A list of weights and the results of germination trials for 119 species of Puerto Rican trees and shrubs has recently been published. Fruit weights are also given for 34 of the species (Francis and Rodríguez 1993). During the past year, monographs of seven new species have been added to the Tropical Silvics Manual: *Casuarina equisetifolia, Cocos nucifera, Genipa americana, Micropholis chrysophylloides, Alchornea latifolia, Moringa oleifera,* and *Pouteria multiflora* (Parrotta 1993a, Parrotta 1993b, Francis 1993a, Weaver 1993, Francis 1993b, Parrotta 1993c, Parrotta and Francis 1993).

Since 1988, a register of champion trees of Puerto Rico has been maintained at the Institute. The North American Forestry Commission rules are followed for measurements and assignment of points for each entry. There are currently 146 species represented ranging in size from the giant ceiba of Mayagüez to several small, little-known tree species. The list is constantly being updated as submissions are received.

LITERATURE CITED

Francis, J.K. 1993a. *Genipa americana* L. Jagua, genipa. SO-ITF-SM-58. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Francis, J.K. 1993b. *Alchornea latifolia* Sw. Achiotillo. SO-ITF-SM-60. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Francis, J.K. and A.J.R. Gillespie. 1993. Relating gust speed to tree damage in Hurricane Hugo, 1989. Journal of Arboriculture 19(6): 368-373.

Francis, J.K. and A. Rodríguez. 1993. Seeds of Puerto Rican trees and shrubs: second installment. Res. Note. SO-374. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Parrotta, J.A. 1993a. *Casuarina equisetifolia* L. ex J.R. & G. Frost. Casuarina, Australian pine. SO-ITF-SM-56. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 11 p.

Parrotta, J.A. 1993b. *Cocos nucifera* L. Coconut, Coconut palm, Palma de coco. SO-ITF-SM-57. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p.

Parrotta, J.A. 1993c. *Moringa oleifera* Lam. Reseda, horseradish tree. SO-ITF-SM-61. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.

Parrotta, J.A. and J.K. Francis. 1993. *Pouteria multiflora* (A. DC.) Eyma. Jacana, Bully-tree. SO-ITF-SM-62. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Weaver, P.L. 1993. *Micropholis chrysophylloides* Pierre, Caimitillo. SO-ITF-SM-59. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.

FORESTRY RESEARCH AND MANAGEMENT/INTERNATIONAL COOPERATION

Peter L. Weaver
Research Forester

PUERTO RICO

A paper on the life history and distribution of *Micropholis chrysophylloides,* a timber species of both lower montane and montane rain forests, was prepared for the Institute's Silvics Manual (Weaver 1993a). The natural range of this Caribbean species includes Puerto Rico and the Lesser Antilles from St. Kitts to Grenada. In addition, cooperative activities have been initiated with Puerto Rico's Conservation Trust to develop a management plan for its 175-ha lighthouse property (El Faro) on the northeastern part of the island.

ST. JOHN, U.S. VIRGIN ISLANDS

All residual stems on sixteen 50 by 10 m permanent plots established in Cinnamon Bay in 1983 and remeasured 3 months before Hurricane Hugo in 1988, were again remeasured in July 1993. Ingrowth and mortality were also tallied and herbivory rates were sampled on 25 common tree species. These data are currently being analyzed. During July, several researchers involved in terrestrial studies on St. John collaborated with USDI National Park Service personnel to formulate a long-term inventory and monitoring proposal for the Virgin Islands National Park.

BRAZIL

Forest research, management, and technology transfer opportunities were assessed during a 7-week trip to Manaus, Santarem, and Belem in the Brazilian Amazon (Weaver 1993b). Forestry activities and interests of government institutions, universities, NGO's, and foreign cooperators were reviewed and summarized. A position paper on "Secondary Forest Management" was presented at the symposium/workshop entitled "Management and Rehabilitation of Degraded Lands and Secondary Forests in Amazonia" held in Santarem.

ANTIGUA

A cooperative project entitled the "Wallings Reservoir Nature Trails" was initiated to protect and use the Wallings Reservoir site in southern Antigua. The island's forestry division, using a USDA Forest Service International Forestry grant, is currently working through the Island Resources Foundation (U.S. Virgin Islands) to survey, plan, and manage the Walling's trails. The forestry division will develop interpretative signs for important species of the flora and fauna as well as the cultural heritage at the site. A descriptive brochure of the site will also be prepared.

GRENADA

A cooperative project entitled "Conservation and Demonstration in Grenada" was initiated with the forestry division of the Ministry of Agriculture, the Peace Corps, and the IITF using a grant from International Forestry. The project includes the labeling and measurement of trees in Grand Etang and the development of interpretative nature trails in a remnant seasonal forest at Morne Delice and remnant lowland rain forest at Grand Bras.

MONTSERRAT

Two cooperative projects were initiated with Montserrat's forestry division using International Forestry funds and working through the Island Resources Foundation. The first project involves reforestation on three government estates using numerous species to produce timber, forage, and minor products and to provide watershed protection. The second

project will provide a management plan for the "Galways Nature Trail" in the southern part of the island beginning at the fumaroles. Interpretative signs for plant and animal species, trail rest stops for hikers, and a descriptive brochure are also programmed.

LITERATURE CITED

Weaver, P.L. 1993a. *Micropholis chrysophylloides* Pierre, Caimitillo. SO-ITF-SM-59. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.

Weaver, P.L. 1993b. Trip report: forestry research, management, and technology transfer opportunities in Amazonia (Belem, Manaus, Santarem). International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 33 p. (internal report).

PLANTATION FORESTRY RESEARCH: REHABILITATION OF DEGRADED LANDS

John A. Parrotta
Research Forester

Worldwide, an estimated 11.1 million ha/yr of tropical forests and woodlands are destroyed or seriously degraded through agricultural expansion, fuelwood collection, and improper logging (Lanly 1982, WRI/IIED 1988). An additional 7-8 million ha of agricultural lands are abandoned due to severe degradation caused by soil erosion, waterlogging, salinization, alkalinization, and overstocking of grazing lands (WRI/IIED 1988, Kovda 1983). Forestry research can play an important role in the rehabilitation of these lands by developing silvicultural techniques to optimize short-term yields of timber, fuelwood, and other forest products, improve soil fertility, and accelerate secondary forest succession on degraded sites.

During the past year, IITF research activities in this area included ongoing studies in Puerto Rico, collaborative research in India, and a workshop/symposium on management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia held in April 1993 in Brazil.

In Puerto Rico, our studies are comparing single- and mixed-species plantations established on degraded coastal sands with respect to productivity, nutrient cycling processes, biological nitrogen fixation, and soil fertility effects. These studies, initiated in 1989 in cooperation with the University of Puerto Rico, involve two nitrogen fixing species, *Casuarina equisetifolia* and *Leucaena leucocephala*, and another, *Eucalyptus robusta*. One important aspect of this project is the development and refinement of ^{15}N-enrichment techniques to estimate biological nitrogen fixation in tropical trees. A summary of results on growth, yield, nitrogen fixation, and plantation effects on soils are presented in tables 1 and 2.

In cooperation with the Centro de Pesquisa Agroflorestal de Amazonia Oriental (EMBRAPA/CPATU) and the Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renovaveis (IBAMA), IITF organized an international symposium/workshop on rehabilitation and management of degraded lands and secondary forests in Amazonia held in April 1993 at Santarem, Para, Brazil. The primary goals of the workshop/symposium were: to facilitate the exchange of knowledge and experience relevant to the management of altered forest lands in the Amazon region; to assess the current state-of-knowledge in the fields of forest ecosystem rehabilitation and secondary forest management; and to identify priority research areas. Over 160 research scientists and forest resource managers attended this event representing over 50 organizations (government agencies and NGO's, universities, research institutes, and international organizations) from Brazil, other Latin American countries, North America, Europe, and Africa. The proceedings of this event are currently in preparation.

Research on the rehabilitation of severely degraded lands characterized by saline-alkaline soils in northern India was initiated during FY 1993 in collaboration with the TATA Energy Research Institute (New Delhi) and the National Botanical Research Institute (Lucknow). These studies focus on the effects that plantation species selection and management of understory vegetation and litter have on processes of soil fertility development and regeneration of secondary forest species.

Table 1. *-Growth, aboveground biomass production, and biological nitrogen fixation rates in 4-year-old plantations of* Casuarina equisetifolia, Leucaena leucocephala, *and* Eucalyptus robusta *at Toa Baja, Puerto Rico.*

	Mean stem basal diameter	Mean tree height	Mean total aboveground biomass	Mean biological N-fixation
	cm	meters	t/ha	kg/ha/yr
Monocultures				
Casuarina	7.7 ± 0.6	11.2 ± 0.6	105 ± 4	90 ± 39
Leucaena	7.0 ± 0.4	9.6 ± 0.9	72 ± 18	96 ± 20
Eucalyptus	10.0 ± 0.4	10.2 ± 0.4	62 ± 2	0
Mixed-species plantations				
Casuarina/Leucaena				
Casuarina (50%)	9.2 ± 0.2	11.3 ± 0.9	90 ± 14	44 ± 22
Leucaena (50%)	5.8 ± 0.2	10.0 ± 0.9	34 ± 3	49 ± 15
Total			124 ± 12	92 ± 31
Casuarina/Eucalyptus				
Casuarina (50%)	10.1 ± 0.8	13.0 ± 0.3	69 ± 10	53 ± 25
Eucalyptus (50%)	10.4 ± 0.3	11.3 ± 0.2	27 ± 4	0
Total			96 ± 13	53 ± 25
Leucaena/Eucalyptus				
Leucaena (50%)	7.6 ± 0.7	10.9 ± 0.8	69 ± 22	30 ± 5
Eucalyptus (50%)	11.0 ± 0.6	10.6 ± 0.8	31 ± 5	0
Total			100 ± 23	30 ± 5

Table 2. *-Soil properties (0-40 cm depth) in 3-year-old plantations of* Casuarina equisetifolia, Leucaena leucocephala, *and* Eucalyptus robusta *and control plots at Toa Baja, Puerto Rico.*

	Density	ECEC	Available Nutrients					
Treatment			N	P	K	Ca	Mg	Na
	g/cm^3	pH	meq/100g	g/m^2				
Monocultures								
Casuarina	1.10	7.88	14.7	390	2.36	13.5	1124	101.8	77.9
Leucaena	1.16	7.85	12.9	407	2.29	11.6	968	54.0	92.1
Eucalyptus	1.13	8.01	9.1	327	1.99	11.6	705	42.5	40.7
Mixed-species plantations								
Casuarina/Leucaena	1.18	7.77	9.6	414	2.48	13.5	744	69.3	35.9
Casuarina/Eucalyptus	1.11	7.75	9.9	485	2.68	13.4	706	72.6	39.3
Leucaena/Eucalyptus	1.11	7.50	9.4	452	2.77	15.8	647	76.5	46.4
Unplanted controls	1.19	7.91	7.7	362	2.10	13.5	621	55.9	7.2

LITERATURE CITED

Lanly, J.P. 1982. Tropical forest resources. FAO For. Pap. 30. Rome: Food and Agriculture Organization. 106 p.

Parrotta, J.A., D.D. Baker, and M. Fried. 1994a. Application of N-enrichment methodologies to estimate nitrogen fixation in *Casuarina equisetifolia*. Canadian Journal of Forest Research 24(2):201-207.

Parrotta, J.A., D.D. Baker, and M. Fried. 1994b. Estimation of nitrogen fixation in *Leucaena leucocephala* using ^{15}N-enrichment methodologies. *In*: McKey, D; Sprent, J.I., editors. The nitrogen factor. Advances in Legume Systematics, volume 6. Kew, UK: Royal Botanic Gardens.

World Resources Institute/IIED. 1988. World Resources 1988-1989. New York: Basic Books. 372 p.

FOREST INVENTORY

S. Alemañy, I. Vicens, and J. Ramírez
Forester and Biological Technicians

Understanding the influence of land use upon vegetation structure and succession of a tropical forest community are fundamental aspects in developing wise management and sustainable forestry practices. The primary objective of the current project is to remeasure and expand the existing networks of permanent vegetation plots, develop, and standardize the plot network and data management system for future long-term studies in the LEF. Five study areas in the Luquillo Experimental Forest were tagged and measured (table 1). These large, long-term, and management plots were originally established by Dr. Frank Wadsworth in the 1940's and 1950's and have been studied periodically since then.

Four of the areas are part of the subtropical wet forest and one, La Condesa (fig. 1), represents a subtropical moist forest according to the Holdrige 1967 ecological life zones. However, locally these areas are called Tabonuco forest (Wadsworth 1951).

The four largest sites have at least one set of 100 plots equidistant from one to another in line (table 1). The plots are circular with a fixed radius of 16.05 m and an area of 0.0809 ha. All trees 9.1 cm in d.b.h. and larger were tagged, and a total of 23 parameters were recorded for each individual. The EV3 site has a different structure, 60 by 120 m, for a 0.72-ha plot.

Land-use and aspect varied among the five areas and so did the species richness, diversity, and dominance of the forest community (table 2). The EV3 site represents an advanced secondary forest and has the highest basal area, 42.45 m^2/ha, among the sites (table 1). *Dacryodes excelsa* (tabonuco) has the highest importance value (IV), and the other dominant species are *Prestoea montana, Manilkara bidentata, Tetragastris balsamifera* and *Sloanea berteriana,* which represents the typical order of dominance for the tabonuco forest (table 2).

According to Crow and Weaver (1977), the Sabana 4 plot is a mature forest that has never been cultivated or used for pasture. This plot is dominated by *Dacryodes excelsa, Prestoea montana* (sierra palm), and *Sloanea berteriana.* Plot basal area is lower (18.09 m^2/ha), however, this plot has a windward location, which could account for a higher influence of periodical disturbances. The Sabana 8 plot was almost totally cultivated at one time (Crow and Weaver 1977), and La Condesa, according to Frank Wadsworth, was about 95 percent under cultivation when the USDA Forest Service established the Taungya agroforestry system with the parceleros. Neither of these two sites have *Dacryodes excelsa* as the dominant species, though *Prestoea montana* in Sabana 8, as in the other sites, is among the most important tree species. La Condesa has a different group of dominant species that were planted, but if we compare the importance value vs species richness, no significant differences can be observed (fig. 1).

A 1934 map shows Quebrada Grande pasture land in lower elevations, cutover forest at the intermediate elevations, and slope and sierra palm at the highest elevation (Crow and Weaver 1977). *Dacryodes excelsa* is ranked second to *Prestoea montana* and *Tabebuia heterophylla,* which is a dominant species of a succession secondary forest ranked among the top three species as in the sites of higher land uses.

The time required for a successional forest to reach its primary stage, the influence of periodic disturbance and human management on the tropical forest, and the genetic capacity of species to adapt to changes are aspects of continuous research that will also influence tropical forest land management decisions.

Table 1. *-Area, number of trees, density and basal area of five plots with longitudinal studies in the Luquillo Experimental Forest.*

Study site	Study area	Trees	Density	Basal area
	ha	d.b.h.>9.1	stem/ha	m^2/ha
Sabana 8	8.74	3,486	398.84	17.03
Sabana 4	8.66	2,483	286.74	18.09
Río Grande	8.34	4,029	483.35	21.53
Condesa	9.3	5,020	539.4	21.01
EV3	0.72	616	855.55	42.07

Table 2. *-Species rank and importance value of five areas within the Luquillo Experimental Forest.*

Site and Species	Importance Values (%)	Site and Species	Importance Values (%)
D. excelsa Vahl	38.72	*D. excelsa* Vahl	23.22
P. montana (R. Graham) Nichols	18.85	*P. montana* (R. Graham) Nichols	15.01
M. bidentata (A. DC.) A. Chev.	12.11	*S. bertereana* Choisy	10.15
T. balsamifera (Sw.) Kuntze	5.56	*M. garcinifolia* Pierre	5.72
B. capitata (Vahl) Eienl.	3.04	*I. laurina* (Sw.) Wild.	4.08
S. bertereana Choisy	2.25	*A. floribunda* (Benth.) Muell. Arg.	3.58
CONDESA SITE SPECIES		QUEBRADA GRANDE SITE SPECIES	
T. heterophylla (DC.) Britton	20.29	*P. montana* (R. Graham) Nichols	15.76
C. antillanum Britton	6.11	*D. excelsa* Vahl	8.7
H. coubaril L.	5.26	*M. dominigensis* (DC.) Radlk.	5.49
E. jambos (L.)	4.82	*T. heterophylla* (DC.) Britton	5.15
A. inermis (W. Wrigh) HBK.	4.8	*M. chrysophylloides* Pierre	4.96
T. grandis L.F.	3.74	*G. valenzuela* A. Rich.	4.82
SABANA 8 SITE SPECIES			
T. heterophylla (DC.) Britton	13.54		
A. latifolia Sw.	9.53		
P. montana (R. Graham) Nichols	7.79		
C. carborea (L.C. Rich.) Mez	6.41		
I. laurina (Sw.) Wild.	5.43		

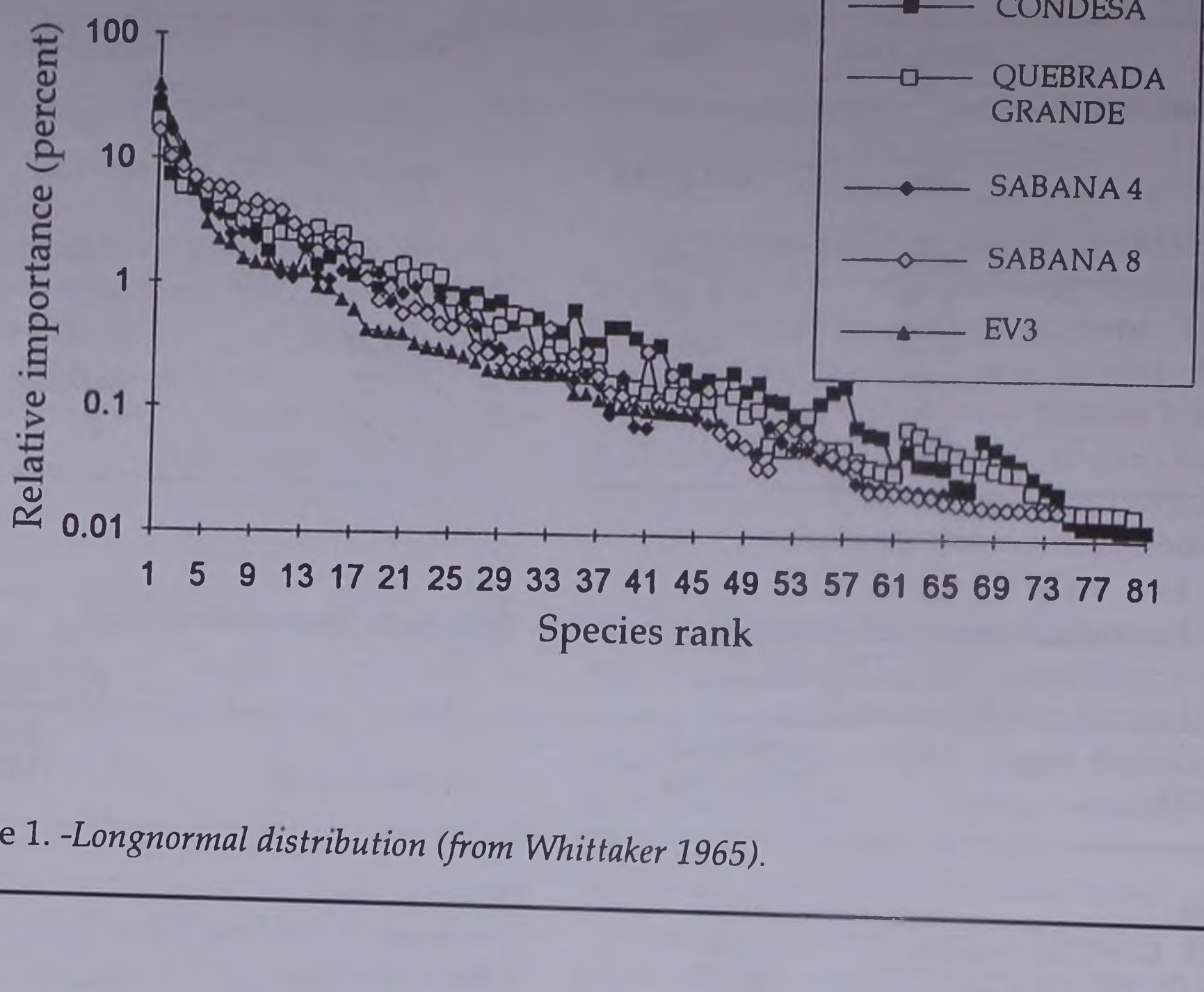


Figure 1. -*Longnormal distribution (from Whittaker 1965).*

LITERATURE CITED

Crow, T.R and P.L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry Paper ITF-22.

Lugo, A.E. 1991. Dominancia y diversidad de plantas en la isla de Mona. Acta Científica 5 (1-3):65-71.

Wadsworth, F.H. 1951. Forest management in the Luquillo Mountains. I. The setting. Caribbean Forester 12:93-114.

Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper SO-190. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Weaver, P.L. 1991. Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Interciencia vol. 16(3):142-151.

Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plants communities. Science 147:250-260.

Whittaker, R.H. 1970. Communities and ecosystems. London, England: The McMillan Company. 162 p.

Carlos D. Rodríguez Pedraza
Ecologist

EFFECTS OF HURRICANE HUGO OVER PLANTATIONS AND PAIRED SECONDARY FORESTS IN THE LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST

On September 18, 1989, Puerto Rico was struck by Hurricane Hugo. I studied the effects of the hurricane on four plantation plots and four paired secondary forest plots that had been intensively studied before the Hurricane. These effects were classified according to the system shown in table 1. The plantation plots suffered more severe consequences than their paired secondary forest plots (ranging from 10 to 52 percent of total tree density for the plantation plots) (fig. 1). Biomass transferred was greater in the plantation plots (ranging from 24 to 54 percent of total biomass transfer), even in those compartments where paired secondary forest plot biomass was higher than the corresponding plantation compartment before the Hurricane (table 2).

Tree height and plot structure play an important role in determining the type of effect suffered in the plots (fig. 2). Trees with a d.b.h. $\geq$ 10 cm suffered more severe damage than trees with a d.b.h. < 10 cm. Reduction in total basal area as a result of the Hurricane ranges from 3.7 to 17.1 m^2/ha for plantation plots and 1.4 to 4.8 m^2/ha for paired secondary forest plots (table 3). Reduction in total tree density for plantation plots ranges from 130 to 416 trees/ha and for paired secondary forest plots, 73 to 300 trees/ha.

Native species occurring in plantation plots suffer more severe damage than when growing in secondary forest plots (fig. 3). Severe damage to native species in plantations (all plots grouped together) fluctuated between 15 and 100 percent of total tree density. For species compared between paired plots (plantation and adjacent secondary forest), damage fluctuated between 5 and 95 percent of total tree density.

Table 1. -*Effects classification system.*

Code	Effect level
(0)	Without apparent effect
	Direct effects (moderate)
(1)	Defoliation
(2)	Minor effects to branches (< 50%)
(3)	Major effects to branches (> 50%)
	Direct effects (severe)
(4)	Trunk snap
(5)	Standing dead
(6)	Thrown (exposed roots)
	Indirect effects (trees dead and alive)
(7)	Effects caused by the fall of other trees

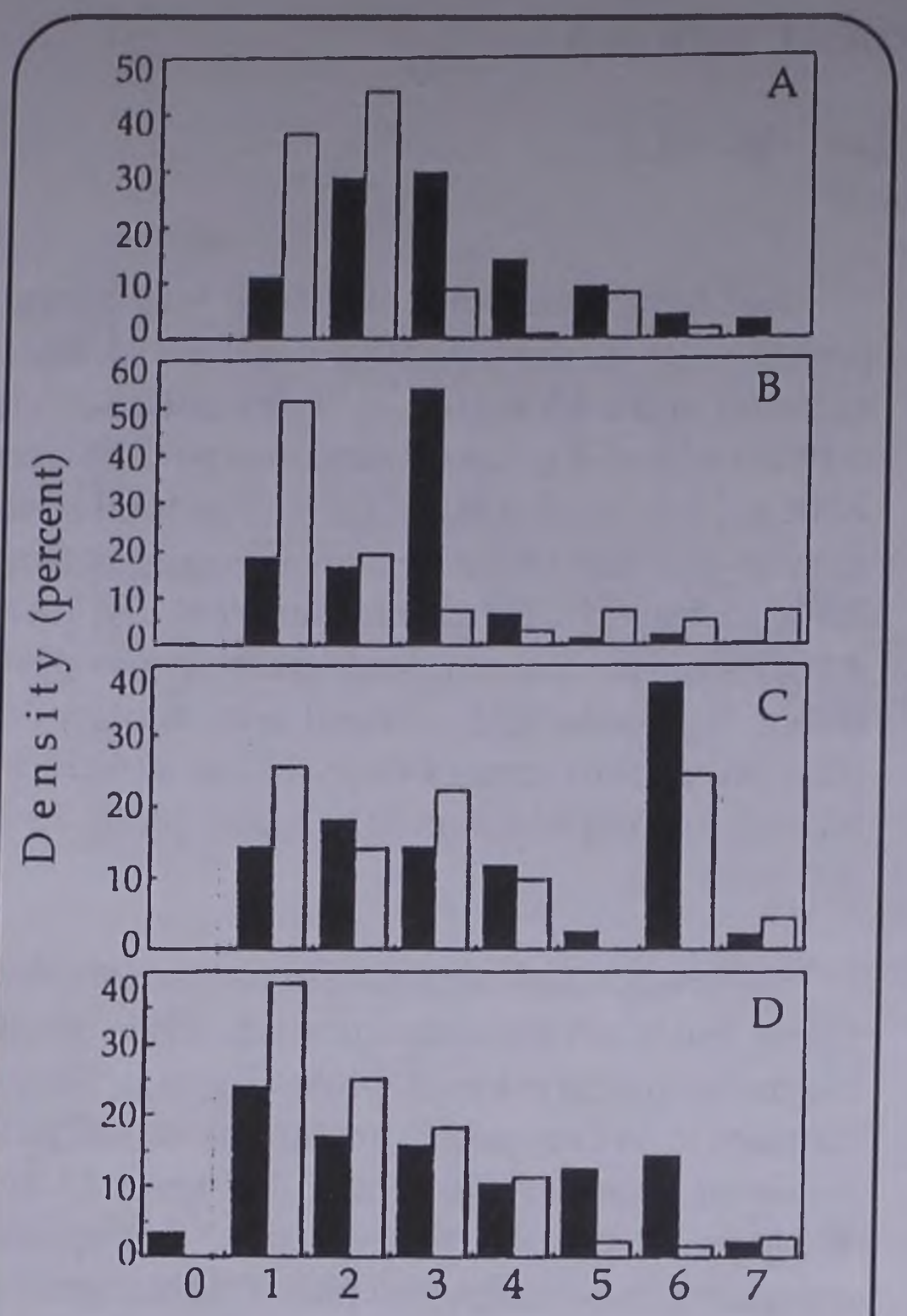


Figure 1. *-Hurricane effects expressed in percent of total tree density for the plots of Guzmán (A), Cubuy (B), Sabana (C), and El Verde (D) in the Luquillo Experimental Forest. Black and white bars represent plantation and secondary forest plots, respectively. See table 1 for effect definitions.*

The difference observed between plots could correspond to the intrinsic architectural difference of the species, to the species itself, and to the physical environment. The model in (fig. 4) compares the typical structure of a plantation with its paired secondary forest.

This master's thesis (Rodríguez Pedraza 1993) was presented and accepted by the University of Puerto Rico in April of 1993. Two papers based on it have been submitted for consideration to be published in Biotropica.

EFFECTS OF RECREATION ACTIVITIES ON VEGETATION STRUCTURE IN THE LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST

Studies on the effects of recreation in the Tropics are scarce. From an annotated bibliography of the impact of recreation activities compiled by Cole and Schreiner (1981), none of the 348 studies included were from the Tropics. Of these, 70 percent were in the United States alone. Obviously, effects of recreation have been well observed in temperate forests, and management policies have been developed and are in practice to minimize site deterioration. But, can this experience be applied to tropical forests? Tropical forests are complex ecosystems, and very little is known of the effect of recreational activities on these systems. Since outdoor recreation is in demand and will play an important role in the forest, we started the first related study to monitor and quantify the effects of recreation activities in the Luquillo Experimental Forest.

The general objectives of this study are to establish permanent study plots of investigation in selected areas to monitor changes in vegetation and soils through time. We also intend to assess the current condition of recreational areas in the forest in terms of plant community structure. To do so, we will compare trails with different levels of use intensity on different sites with similar edaphic and climatological conditions. Also, these transects will serve as permanent areas for investigation by other scientists in other fields of research.

The experimental transect for the Caimitillo recreational area has been set. Data on species diversity, seedlings, and percent of vegetation cover and rock cover have been collected and are in the process of analysis. The results of this study will provide information for the understanding of tropical forests, and will provide a scientific basis for evaluating recreation effects and developing management criteria for these ecosystems.

Table 2. -*Equations used for biomass estimations (Rodríguez Pedraza 1993). Biomass = y (kg), r^2 = coefficient of determination, MS = mean squared, p = probability, d.b.h. = diameter at breast height (cm), Ln = natural logarithm.*

Species	Equation	r^2	MS	p
Pinus caribaea[*]				
leaves	y =exp(2.367 x Ln(d.b.h.) -4.1465)	0.97	0.049	.0001
branches	y =exp(3.121 x Ln(d.b.h.) -6.8785)	0.95	0.155	.0001
trunk	y =exp(3.121 x Ln(d.b.h.) -6.8785)	0.97	0.081	.0001
Swietenia macrophylla[†]				
leaves	y =exp(2.026 x Ln(d.b.h.) -3.733)	0.94	0.168	.0001
branches	y =exp(2.785 x Ln(d.b.h.) -4.0935)	0.98	0.103	.0001
trunk	y =exp(2.281 x Ln(d.b.h.) -2.404)	0.94	0.212	.0001
Calophyllum calaba[‡]				
leaves	y =exp(2.615 x Ln(d.b.h.) -6.25)	0.99	0.014	.0001
branches	y =exp(3.17 x Ln(d.b.h.) -5.515)	0.97	0.084	.0004
trunk	y =exp(1.858 x Ln(d.b.h.) -0.4978)	0.96	0.0310	.0005
Tabebuia heterophylla				
leaves	y =exp(1.783 x Ln(d.b.h.) -3.252)	0.84	0.28	.001
branches	y =exp(2.597 x Ln(d.b.h.) -3.5605)	0.61	2.023	.02
trunk	y =exp(2.291 x Ln(d.b.h.) -2.545)	0.96	0.1	.0001
Cecropia schuberiana and Schefflera morototoni[§]				
leaves	y =exp(1.4493 x Ln(d.b.h.) -3.4895)	0.93	0.7189	n/a
branches	y =exp(2.0615 x Ln(d.b.h.) -5.9361)	0.97	0.5108	n/a
trunk	y =exp(2.5431 x Ln(d.b.h.) -3.1392)	0.97	0.4148	n/a
Dacryodes excelsa and Tetragastris balsamifera[§]				
leaves	y =exp(1.7012 x Ln(d.b.h.) -2.935)	0.95	0.4948	n/a
branches	y =exp(2.7596 x Ln(d.b.h.) -3.1392)	0.99	0.3915	n/a
trunk	y =exp(2.4539 x Ln(d.b.h.) -2.6529)	0.99	0.2824	n/a
Inga sp.[§]				
leaves	y =exp(1.523 x Ln(d.b.h.) -3.0222)	0.91	0.6202	n/a
branches	y =exp(1.5719 x Ln(d.b.h.) -2.7857)	0.75	1.2011	n/a
trunk	y =exp(2.4791 x Ln(d.b.h.) -2.355)	0.99	0.2704	n/a
Ocotea sp. and *Ormosia krugii*[§]				
leaves	y =exp(1.1593 x Ln(d.b.h.) -3.5929)	0.90	0.9089	n/a
branches	y =exp(2.042 x Ln(d.b.h.) -4.6085)	0.83	1.5668	n/a
trunk	y =exp(2.500 x Ln(d.b.h.) -3.0308)	0.94	1.1080	n/a
Sloanea berteriana[§]				
leaves	y =exp(1.9104 x Ln(d.b.h.) -3.1646)	0.99	0.2962	n/a
branches	y =exp(2.0525 x Ln(d.b.h.) -3.5683)	0.92	1.2054	n/a
trunk	y =exp(2.5008 x Ln(d.b.h.) -2.4032)	0.99	0.1865	n/a

Table 2. *-(continued.)*

Species	Equation	r^2	MS	p
Other Species**				
leaves	y =exp(1.6 x Ln(d.b.h.) +4.0425)/1000	0.75	0.989	.0001
branches	y =exp(2.084 x Ln(d.b.h.) +4.003)/100	0.78	1.464	.0001
trunk	y =exp(2.106 x Ln(d.b.h.) +5.3605)/100	0.86	0.865	.0001

*Lugo (1992).
†Weaver, P. Personal communication. On file the International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Río Piedras, PR 00928-5000.
‡Jordan, C. In record at International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Río Piedras, PR 00928-5000.
§Scatena *et al.* (1993).
**Ovington *et al.* (1970).
n/a = not available.

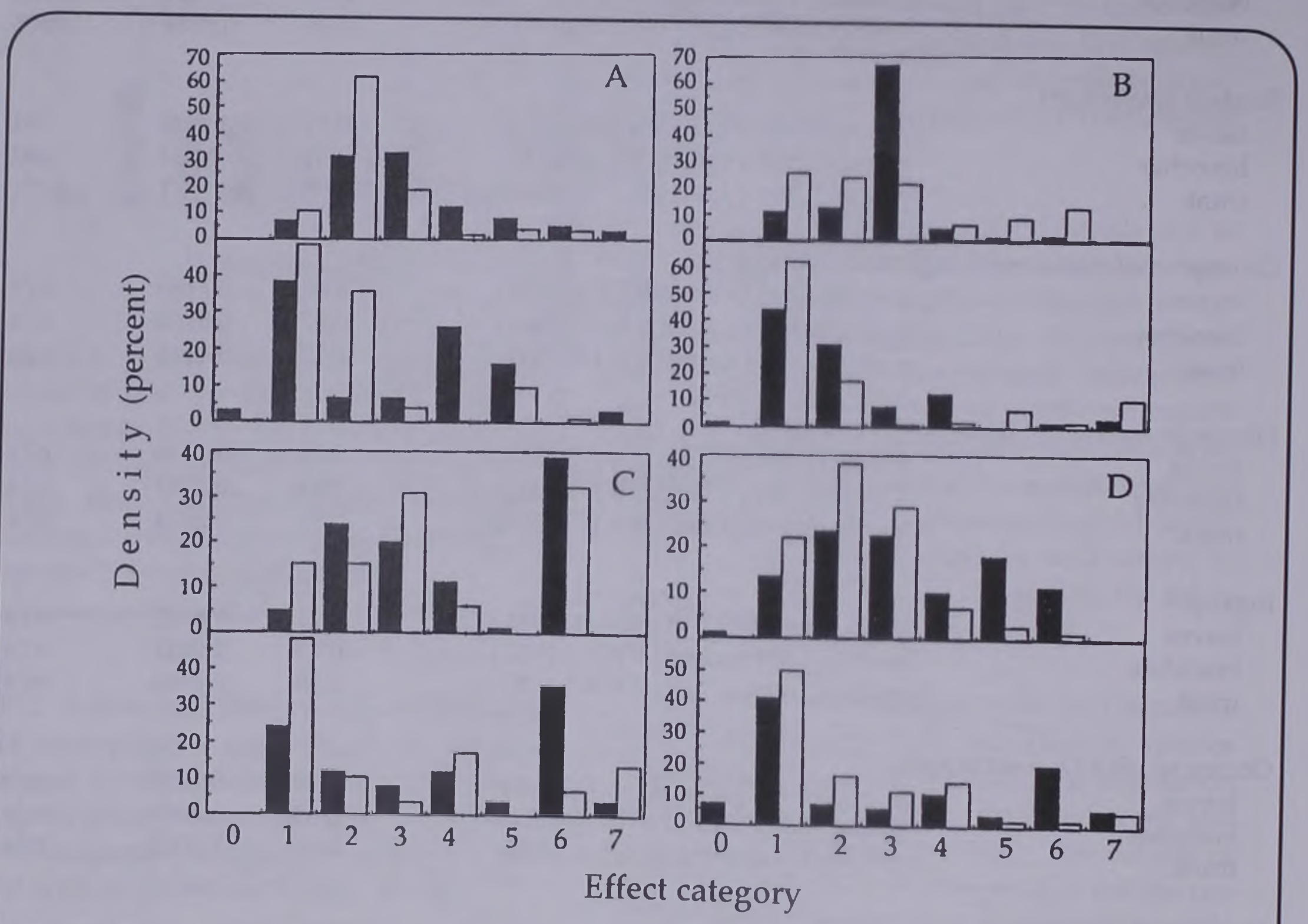


Figure 2. *-Effects distribution by diameter classes expressed in the percent of total tree density for Guzmán (A), Cubuy (B), Sabana (C), and El Verde (D) areas in the Luquillo Experimental Forest. Black and white bars represent plantation and secondary forest plots, respectively. Trees d.b.h. ≥ 10 cm, superior graph, and trees with a d.b.h. < 10 cm, inferior graph. See table 1 for effect definitions.*

Table 3. *-Changes in basal area (m^2/ha) and density (t/ha) from 1982 to 1989 in plantations and paired secondary forests in the Luquillo Experimental Forest (Rodríguez Pedraza 1993).*

	Guzmán				Cubuy				Sabana				El Verde			
	Plantation		Secondary forest		Plantation		Secondary forest		Plantation		Secondary forest		Plantation		Secondary forest	
Year	basal area m^2/ha	density t/ha*	basal area m^2/ha	density t/ha	basal area m^2/ha	density t/ha	basal area m^2/ha	density t/ha	basal area m^2/ha	density t/ha	basal area m^2/ha	density t/ha	basal area m^2/ha	density t/ha	basal area m^2/ha	density t/ha
1982	213	1440	4.2	753	61.3	1869	28.1	2500	27.5	840	24.9	920	32.0	1225	34.4	1667
1984	26.5	1380	5.4	747	59.7	1822	29.7	2313	26.2	840	24.8	800	33.9	1025	35.2	1592
1989†	33.1	1160	7.6	680	62.6	1425	10.5	1938	39.0	816	25.6	510	28.5	800	35.4	1383
1989≠	26.2	850	6.2	607	58.9	1295	23.8	1638	21.9	400	20.3	21.1	21.1	531	32.7	1183

* Trees/hectare.

† Before Hurricane Hugo.

≠ After Hurricane Hugo.

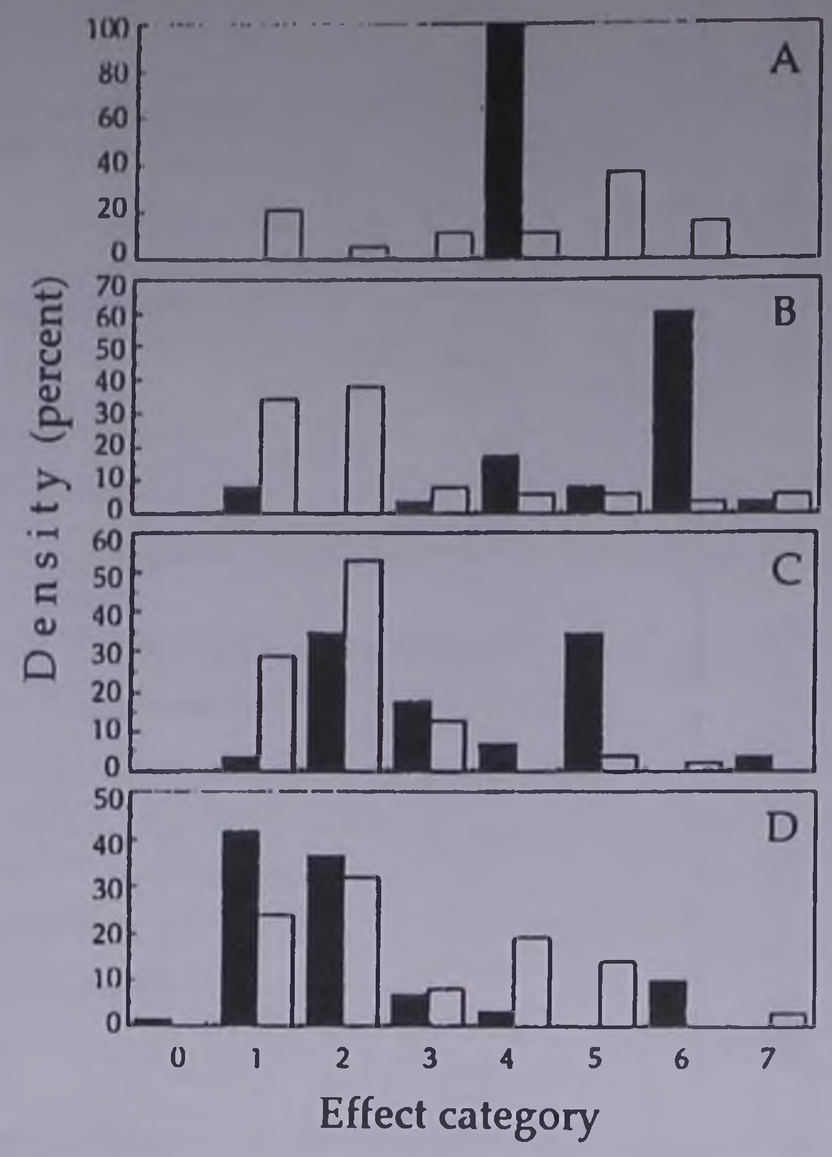


Figure 3. *-Hurricane effects expressed in percent of total tree density for the species Schefflera morototoni (A), Miconia prasina (B), Tabebuia heterophylla (C), and Casearia arborea (D) in plantation plots (black) and paired secondary forests (white), Luquillo Experimental Forest. See table 1 for effects definitions.*

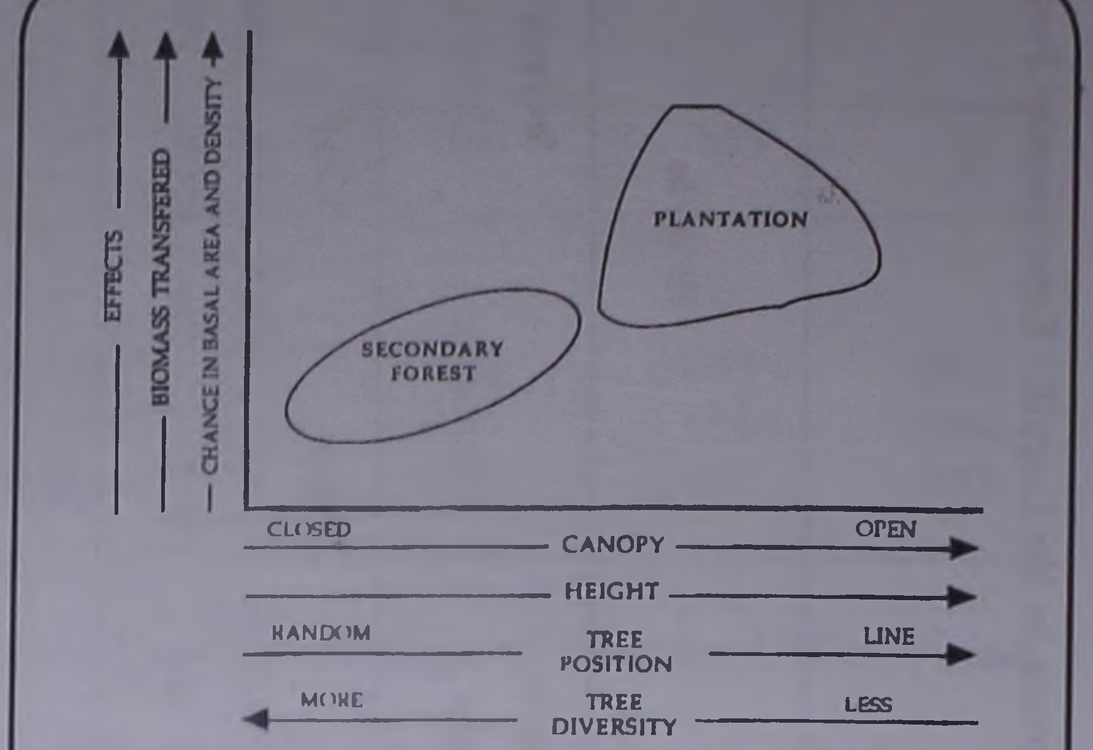


Figure 4. *-Comparison of a typical structure of a plantation and its response to the hurricane with its paired secondary forest (adapted from Rodríguez Pedraza 1993).*

USE OF GPS WITH LANDSAT TM IMAGES TO IDENTIFY MAIN CROPS IN FARMS ALONG THE TRANSAMAZÔNICA HIGHWAY, BRAZIL

Landsat Thematic Mapper (TM) images are being used in cooperative work by the International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service (IITF), Centro de Pesquisa Agroforestal da Amazônia (CPATU/EMBRAPA), and Superintendencia do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM/DRN) (Homma *et al.* 1993, Walker *et al.* 1993) along the Transamazônica Highway. The project focuses on the role of shifting cultivators and fire in the maintenance of forest cover in the Brazilian Amazon. Global Positioning System (GPS) technology has played an important role in this study in mapping the boundaries of field sites with high accuracy. This information will be used in constructing satellite-based land cover classifications. In the summer of 1993, a Brazilian colleague, Pedro Mourao de Oliveira (SUDAM), conducted a survey of small agricultural sites in the State of Para. Detailed GPS application was undertaken on five farms. A paper has been submitted for consideration to be presented at the International Symposium on Resource and Environmental Monitoring (ECO RIO' 94) to be held in Río de Janeiro, Brazil, in September 1994.

LITERATURE CITED

Cole, D.N. and G.S. Schreiner. 1981. Impacts of backcountry recreation: site management and rehabilitation an annotated bibliography. USDA Forest Service, General Technical Report INT-121. Intermountain Forest and Range Experiment Station. 62 p.

Homma, A., R.T. Walker, F.N. Scatena, A.J. de Conto, R.A. Carvalho, A.C. Neves da Rocha, C.A. Ferreira, and A.I. Moreira dos Santos.

1993. A dinamica dos desmatamentos e das queimadas na Amazonia: uma analise microeconômica. *In*: Congreso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 31 Ilhéus-BA. 2:706-720.

Rodríguez Pedraza, C.D. 1993. Efectos del huracán Hugo sobre plantaciones y bosques secundarios pareados en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico. Tésis de Maestría. Universidad de Puerto Rico.

Walker, R.T., A. Homma, F.N. Scatena, A.J. de Conto, R.A. Carvalho, A.C. Neves da Rocha, C.A. Ferreira, A.I. Moreira dos Santos, and Oliveira. 1993. Sustainable farm management in the Amazon Piedmont. *In*: Congreso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 31 Ilhéus-BA. 2:706-720.

Ariel E. Lugo
Ecologist

MANAGEMENT OF BIODIVERSITY

The loss of species as a result of deforestation and degradation of tropical forest lands is widely discussed (Lugo *et al*. 1993). Models based on island biogeography theory are used to evaluate the relationship between the extinction of species and deforestation (fig. 1). The analysis shows that natural resiliency causes the models to overestimate the rate of species extinction for given intensities of deforestation. There is an opportunity to couple natural processes with management activities to reduce species extinction and restore species richness to degraded lands. As an example, we show how seven tropical monoculture tree plantations can foster diverse native forests in areas previously deforested (fig. 2, table 1). The central point is that well-directed human actions provide us with the means to conserve biodiversity and restore it in locations previously degraded (table 2).

GLOBAL ECOLOGY

Changes in land use and rates of carbon accumulation by land use, including mature, logged, and fallow tropical forests and

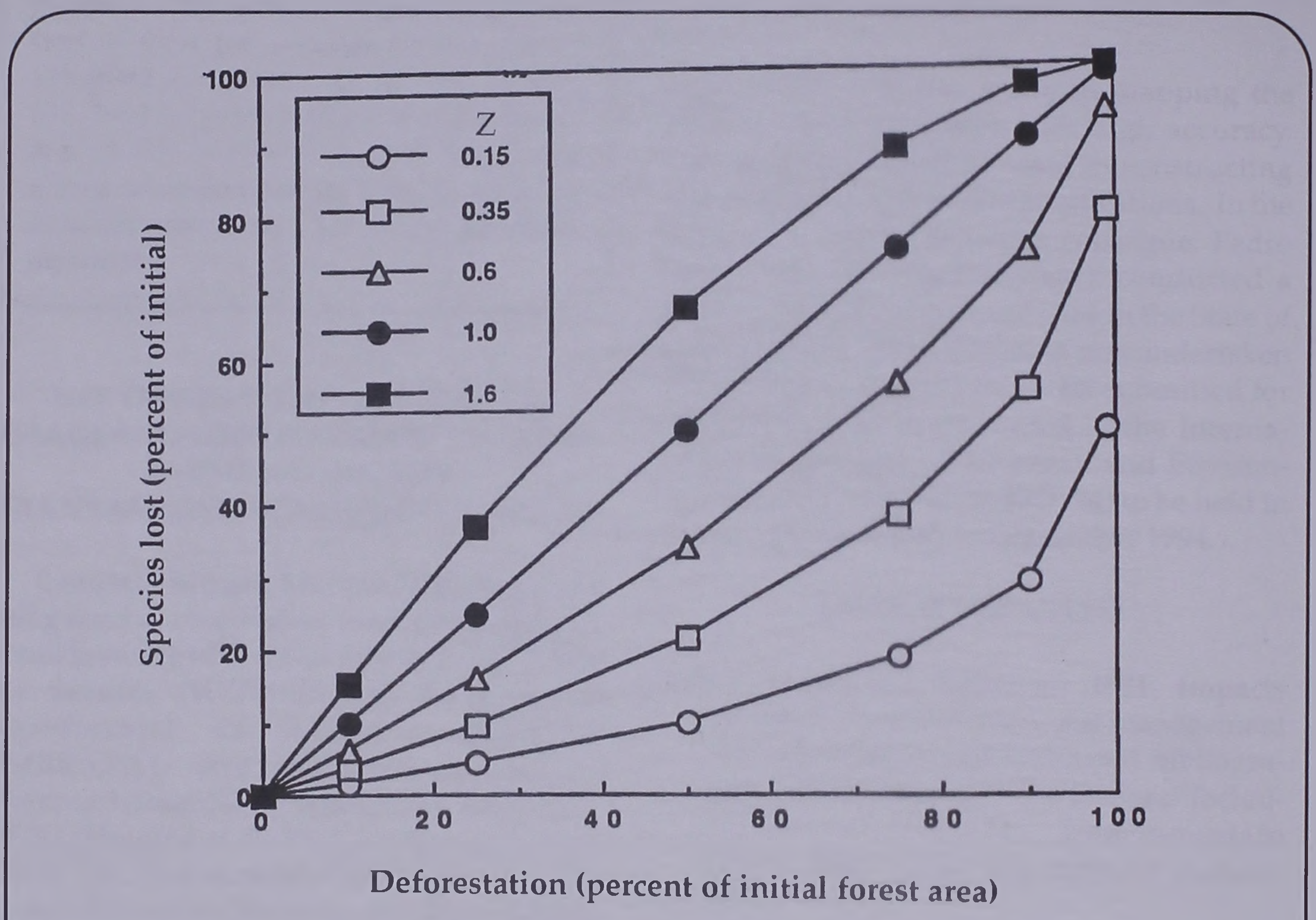


Figure 1. *-Relationship between deforestation and loss of species to extinction using different slopes (Z factor) for the species-area curve.*

Figure 2. *-Relationship between number of understory tree species in tree plantations and the age of the plantation (Lugo et al. 1993). The relationship for these data is* $y=0.74+ 0.93\ x$, $(r^2 = 0.62)$.

Table 1. *-Ecological characteristics of plantations that favor understory biodiversity, based on research in Puerto Rico (Lugo et al. 1993).*

Changes in Microclimate:
Moderate fluctuations in understory temperature and humidity.
Provide more favorable light environment for seed germination and seedling development.
Changes in Physical and Chemical Properties of Soil:
Physical stabilization/reduction of erosion rates.
Increase soil organic matter and cation exchange capacity.
Increase available soil nutrients through litterfall, decomposition, and soil microbiological processes such as nitrogen fixation and mycorrhizal activity.
Changes in Habitat Diversity:
Increase habitat for seed dispersal agents (birds, mammals, reptiles).
Increase structural complexity of ecosystem, thereby increasing niche space for both animal and plant species.

Table 2. *-Management actions that increase the number of species on biologically impoverished or degraded sites.*

Recycling of sewage and other nontoxic organic wastes through degraded sites to increase soil organic matter, stimulate soil microbial activity, and accelerate natural succession.
Use of proven reclamation techniques in mining areas and/or derelict industrial and urban sites.
Diversification of habitats within agricultural landscapes through adoption of agroforestry systems, maintenance of vegetation in uncultivated corridors, or tree islands between fields, along roads and waterways and around wetlands and other uncultivated sites.
Multiple seeding of deforested, severely degraded sites.
Use of tree plantations as foster ecosystems for native tree species.
Control of fire, unregulated livestock grazing, and excessive fuelwood collection to allow natural recovery processes to enhance biological diversity.
Improving soil fertility, particularly soil organic matter.

degraded tropical lands, are used to estimate the role that the tropical landscape serves as sinks of atmospheric carbon (Lugo and Brown 1992). Results indicate that in 1980 tropical lands may have removed between 1.5 and 3.2 Pg C from the atmosphere (table 3). We excluded from the analysis some 900 million ha of open tropical forests that could also be removing carbon from the atmosphere and an additional 0.5 to 0.6 Pg C/yr sink associated with carbon export by rivers and in wood products. Our analysis challenges assumptions about the steady-state condition of the carbon budget of mature tropical forests and suggests that large areas of the tropical landscape are recovering from disturbance and act as atmospheric carbon sinks. We focus attention on sinks of atmospheric carbon only. In 1980, the estimated accumulation of carbon in the recovering landscape was equal to the net carbon flux due to tropical deforestation.

The prevailing paradigm for anticipating changes in soil organic carbon (SOC) with changes in land use postulates reductions in SOC in managed systems (agriculture and tree plantations) relative to mature tropical forests. Variations of this notion are used in carbon models to predict the role of tropical soils in the global carbon cycle. Invariably, these models show tropical soils as sources of atmospheric carbon. We present data from a variety of studies that show that SOC in managed systems can be lower, the same as, or greater than mature tropical forests, and that SOC can increase rapidly after the abandonment of agricultural fields

Table 3. *-Potential range of carbon sequestering in the tropical closed forest landscape (Lugo and Brown 1992).*

Land-use	Carbon sinks Tg C/year			
	Biomass accumulation	Accumulation of CWD*	Accumulation of SOC*	Total
Mature forests	493-986	99-197	11-12†	603-1195
Logged forests	210-420	42-84	5†	257-509
Forest fallow	478-837	41-72	120-478	639-1387
Deforested≠				
watersheds	0	0	26-37	26-37
Plantations	15-53	0	0	15-53
Total	1196-2296	182-353	162-532	1540-3181

*CWD=coarse woody debris; SOC=soil organic carbon.

†Normal rates.

≠Excludes reforestation, which would increase carbon sequentering.

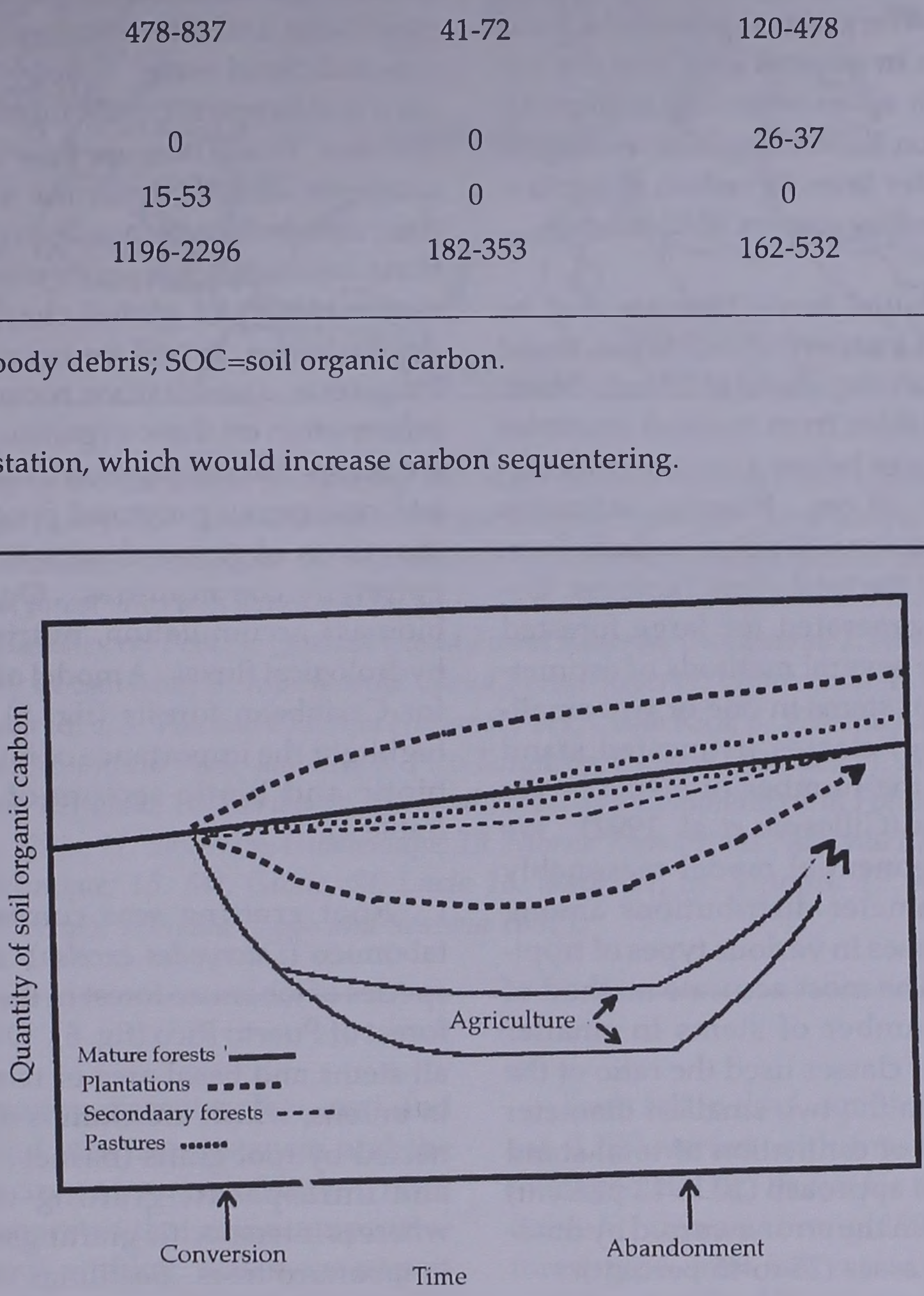


Figure 3. *-Suggested patterns of change of soil organic carbon in soil subjected to different land uses in the Tropics. This model ignores variations due to soil type and mechanical conversions of sites. The type of agricultural use or plantation species planted changes the slope of the curves (Lugo and Brown 1992).*

(Lugo and Brown 1993). The history of land use affects the comparison of SOC in managed and natural ecosystems. Our review of the literature also highlights the need for greater precautions when comparing SOC in mature tropical forests with that of managed ecosystems (fig. 3). Information on previous land use, bulk density, and consistency in sampling depth are some of the most common omissions in published studies. From comparable SOC data from a variety of tropical land uses we estimate that tropical soils can accumulate between 168 and 553 Tg C/yr. The greatest potential for carbon sequestration in tropical soils is in the forest fallows, which cover some 250 million ha. Increased attention to SOC by land managers can result in greater rates of carbon sequestration than predicted by current SOC models.

Total aboveground forest biomass may be estimated through a variety of techniques based on commercial inventory stand and stock tables. Stand and stock tables from tropical countries commonly omit trees below a certain commercial limit, often > 35 cm. Biomass estimates made from such tables will fail to include from 25 to 45 percent of the total stand biomass. Using stand tables generated for large forested areas, we describe several methods of estimating the numbers of stems in one or two small-diameter (missing) classes (truncated stand tables) based on the number of stems in the larger size classes (Gillespie *et al*. 1992). We show that an exponential model reasonably approximates diameter distributions among most diameter classes in various types of tropical moist forest. The most accurate method of estimating the number of stems in smaller (missing) diameter classes used the ratio of the number of stems in the two smallest diameter classes. The error of estimation of total stand biomass using this approach (10 to 12 percent) was always less than the error incurred by omitting the missing classes (25 to 45 percent).

ISLAND ECOLOGY

We called attention to the importance of epiphytes in understanding how global atmospheric changes impact tropical forests (Lugo and Scatena 1992). The Luquillo Experimental Forest (LEF), like other peaks in the Caribbean, intercepts at least five major global weather systems: (l) trade winds originating in the Azores; (2) tropical depressions and hurricanes originating in western Africa; (3) northern cold fronts originating in the polar regions of North America; and systems originating; (4) in the Pacific and (5) the Amazon basin (fig. 4). Each of these "global airsheds" has a particular return frequency, associated temperature and climatic conditions, and different chemical conditions in rain and cloud water. Epiphytes are the organisms that have the closest interaction with these systems. This is because they absorb water and nutrients directly from the atmosphere, and their metabolism responds to prevailing conditions associated with each airshed. In order to detect effects of global change on epiphyte communities, it will be necessary to build a long-term quantitative record of ecological information on these organisms. In this paper, we review the information available for the LEF and outline our proposed program to measure the effects of global change on ecosystems via epiphytic communities. Our focus was on biomass accumulation, nutrient uptake, and hydrological fluxes. A model of nutrient cycling for Caribbean forests (fig. 5) is discussed to highlight the importance of interfaces between biotic and biotic sectors of the ecosystem (table 4).

Root grafting was commonly found in tabonuco (*Dacryodes excelsa*), a dominant tree species of tabonuco forest in the subtropical wet forest of Puerto Rico (fig. 6). Over 60 percent of all stems and basal area of tabonuco occurred in unions, which are clumps of trees interconnected by root grafts (Basnet *et al*. 1993). Self- and intraspecific grafting were extensive, whereas interspecific grafting was not common in tabonuco trees. Seedlings and saplings did not show any grafting, probably because of their size or age. Grafted trees were taller and had a smaller crown/d.b.h. ratio. Hurricane damage was significantly higher in isolated individual tabonuco trees than in those in unions. Weak

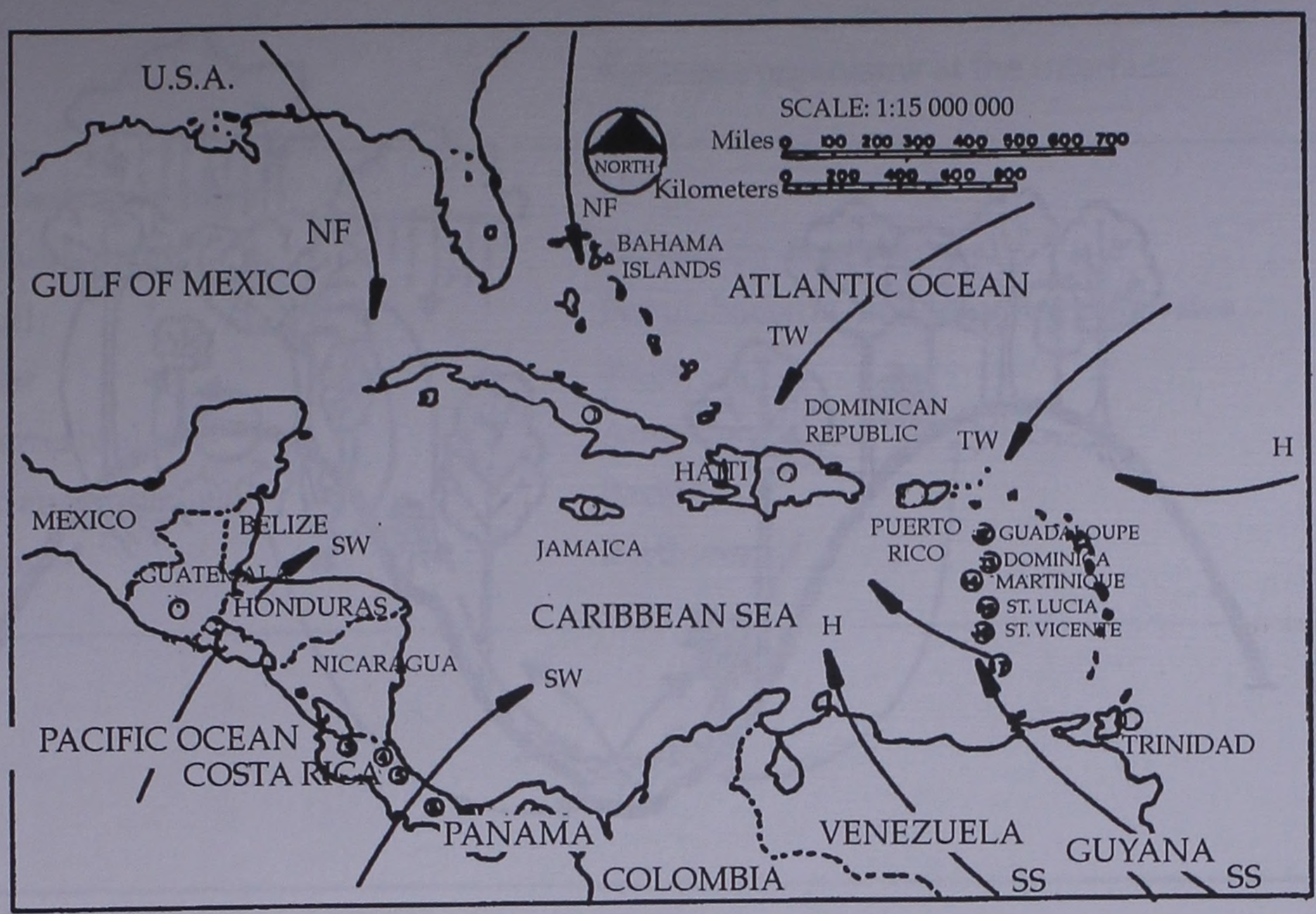


Figure 4. *-Map of the Caribbean illustrating the major weather systems that converge on the region and their origins (airsheds). Also illustrated are the locations of major cloud forests that could form a network of research sites to elucidate the relationship between global airsheds and the biota. The original map of cloud forest sites was developed by La Bastille and Pool. The numbers identify specific sites as given by La Bastille and Pool. 1. Quetzal Cloud Forest Reserve, Guatemala; 2. Montecristo National Park (proposed), El Salvador; 3. Monteverde Cloud Forest Reserve, Costa Rica; 4. Volcano Poas National Park, Costa Rica; 5. Volcano Chirripó National Park, Costa Rica; 6. Volcano Barú National Park, Panamá; 7. Blue Mountain Peak, Jamaica; 8. Pico Turquino, Cuba; 9. Armando J. Bermúdez-National Park, Dominican Republic; 10. Caribbean National Forest and Commonwealth Forest, Puerto Rico; 11. Mt. Misery, St. Kitts; 12. Soufrière, Guadeloupe; 13. Morne Trois Pitons National Park, Dominica; 14. Mt. Pelee, Martinique; 15. Mt. Gimie, St. Lucia 16. Soufrière, St. Vincent; 17. Mt. St. Catherine, Grenada; 18. El Aripo, Trinidad (Lugo and Scatena 1992).*

relationships between diameter class, area, and size of union, and intertree distances and the sum of the trunk circumferences of the two nearest neighbors suggested that a noncompetitive force, such as root grafting, was more important than competitive forces in maintaining the unions of tabonuco, and, thus, the forest community. A conceptual model of the costs and gains of tabonuco in unions is presented (fig. 7).

Fruit fall in the Luquillo Experimental Forest (LEF) varied with forest type (fig. 8) but averaged 600 kg/ha/yr for the 11,000-ha forest (table 5, Lugo and Frangi 1993). Within a given forest type, fruit fall varied spatially and seasonally. A palm (*Prestoea montana*) flood plain forest averaged 560 kg/ha/yr and individual palm fruit mass changed from season to season. Lower montane wet, or tabonuco (*Dacryodes excelsa*) forest, had a low rate of fruit fall (332 kg/ha/yr) and strong seasonal pulses

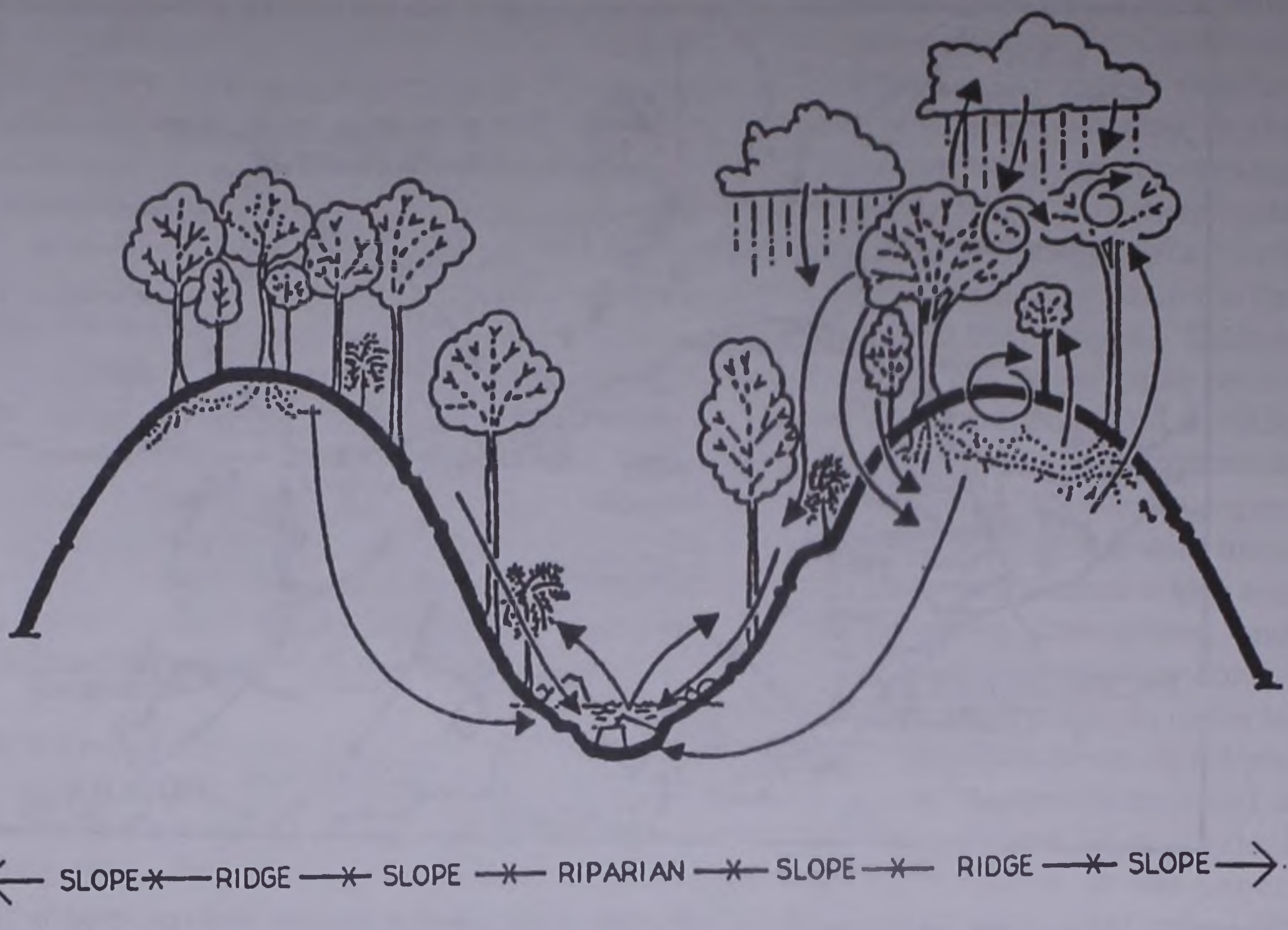


Figure 5. *-Model of nutrient cycling in a subtropical wet forest in Puerto Rico (Lugo and Scatena 1992). Arrows illustrate the fluxes of nutrients and organic matter and define interfaces where organisms interact with the abiotic environment (table 4).*

in both space and time. Fruit fall was higher in secondary forests (820 kg/ha/yr) and plantations (1418 kg/ha/yr) than in mature tabonuco forests that normally occur on those sites. Fruit fall in the upper montane, or palo colorado (*Cyrilla racemiflora*) forest, averaged 263 kg/ha/yr. Somewhere in the LEF, there always appears to be a stand at peak rate of fruit production. Fruit fall data are used to reduce a previous estimate of forest-carrying capacity for the endangered Puerto Rican parrot, *Amazona vittata*, from 51,000 to 2,000 to 38,000 birds.

Ten-year-old bryophyte communities growing on wooden stakes along a microtopographic gradient in a flood plain forest at a 750-m elevation accumulated between 210 and 1,400 kg/ha of ash-free biomass and an average of 14.5, 0.8, 5.3, 2.7, 2.7, 0.5, 18.5, and 22.0 kg/ha of N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, and Al, respectively (Frangi and Lugo 1992). This biomass and nutrient accumulation was in the same order of magnitude as the accumulation of biomass and nutrients in fine litter (table 6). Both biomass and nutrient accumulation were greater in communities on stream-bank slopes or slopes of tree mounds. Less biomass and nutrient accumulated in depressions with long hydroperiods. Concentration of nutrients (except N), and annual rate of ash-free biomass accumulation (20-140 kg/ha/yr) were low in comparison with other bryophyte communities. Bryophyte communities in tropical flood plains appear to be biotic filters of flood waters and help retain nutrients in the terrestrial biota.

Table 4. *-Examples of biotic-abiotic interfaces in a Caribbean tropical forest (based on figure 5).*

Interface	Keystone organisms at the interface
Cloud-plants epiphytes	
Atmosphere-plants	All canopy organisms
Litter-soil	Fungi, bacteria, and microinvertebrates
Soil-plant	Trees
Water-terrestrial	Amphibians
Aerobic-anaerobic	Bacteria
Soil-animal	Earthworms

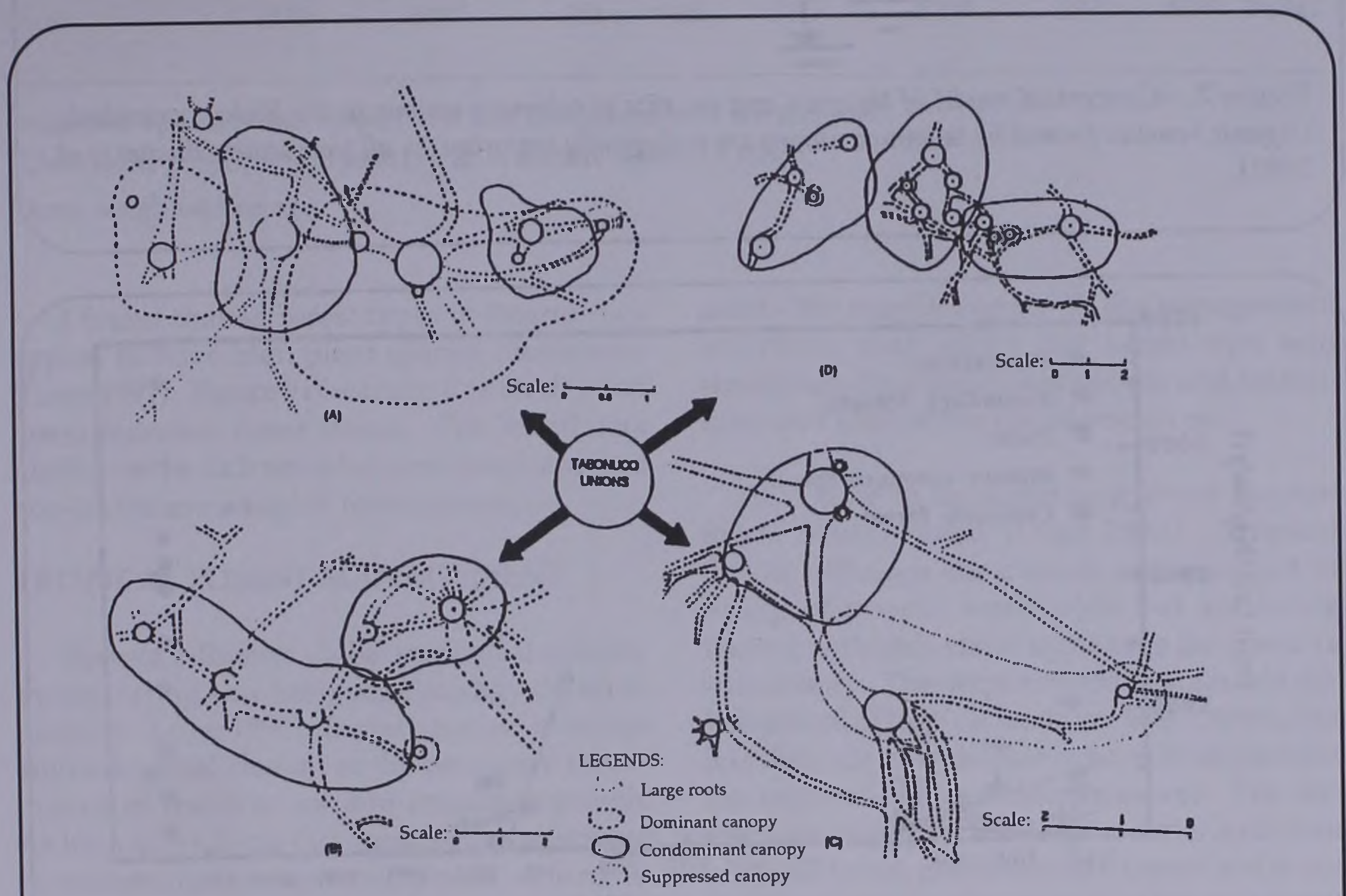


Figure 6. *-Scale diagram of four tabonuco tree unions in the Luquillo Mountains (Basnet et al. 1993).*

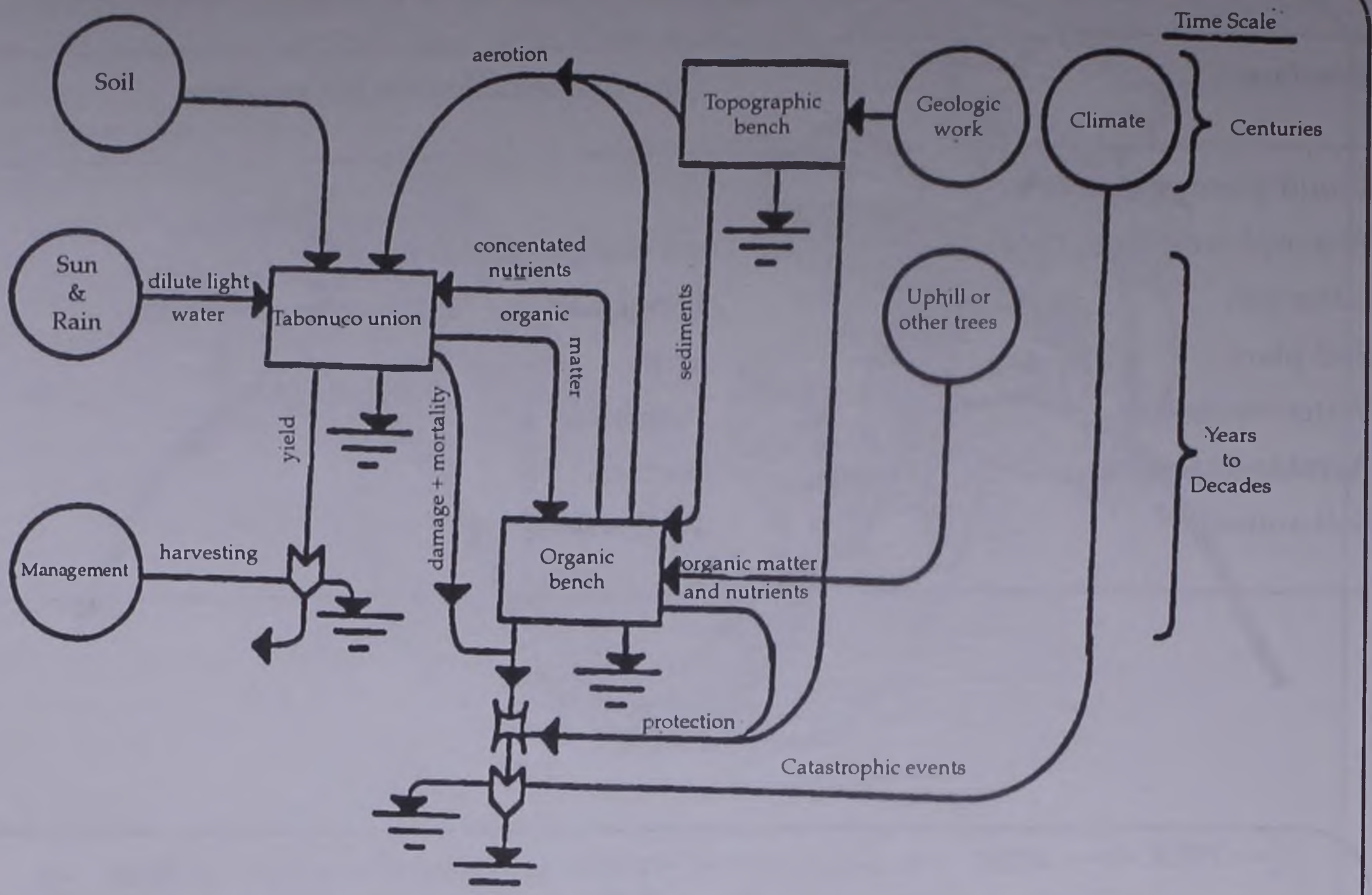


Figure 7. -*Conceptual model of the costs and benefits of tabonuco unions in the Bisley watersheds. Organic benches formed by tabonuco unions are ecologically important in all time scales (Basnet et al. 1993).*

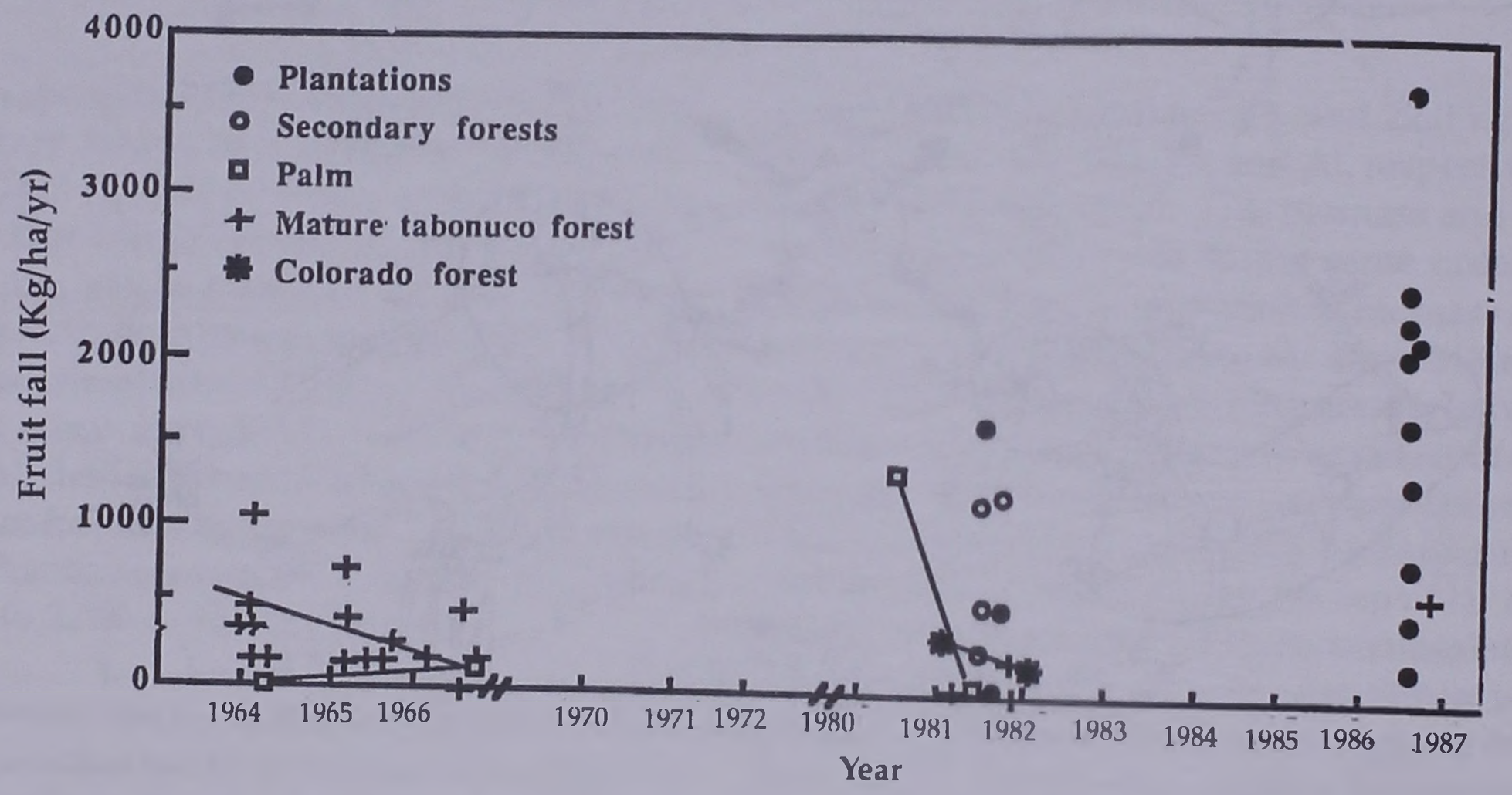


Figure 8. -*Annual rate of fruit fall in several forest types in the Luquillo Experimental Forest (Lugo and Frangi 1993).*

Table 5. *-Estimates of palm (Prestoea montana) and total fruit fall by forests in the Luquillo Experimental Forest.*

Forest type		Palm fruits			All fruits		
	Area*	Unit area mean fall	Total fall		Unit area mean fall	Total fall	
			Low	Mean	High	Low	Mean	High
	ha	kg/ha/yr	Mg/yr		kg/ha/yr	Mg/yr	
Tabonuco								
Mature	1132	35	6	40	118	332	57	376	1189
Secondary	3593	86†	111	309	467	820	1056	2946	4449
Plantations	378	0	0	0		1418	0	536	1397
Palo colorado	2083	0	0	0		263	520	548	575
Palm	2024	560	146	1133	2732	560	146	1133	2732
Total	9210	161≠	263	1482	3317	600≠	1779	5539	10,342

*Areas are approximate, cloud forest and deforested land not included.

†Used same proportion to total fall as in mature tabonuco forest.

≠Area weighted average.

I found that all forest types in Puerto Rico appear to have high plant species dominance (Lugo 1991). Figure 9 illustrates this for dry and lower montane forest stands. The Brazil data highlights the difference between hurricane-and non-hurricane-adapted forest stands.

TROPICAL FOREST MANAGEMENT

Forests influence global ecological stability by regulating and being regulated by the environment (Lugo 1990). Society is slow to accept environmental change as the necessary consequence of resource use and economic growth. As long as we focus our energies on improving or sustaining the economic power of increasing populations, we will also have to accept that landscapes, including forests, will change. To assure that future forests play their critical ecological roles, we need to increase the fraction of the landscape under active human management. We must integrate all the management activities that affect the landscape and strengthen the educational system and institutions that control the use of resources.

It is time to do something about tropical forest management (Lugo 1992). Tropical forests influence the climate and standard of living of people worldwide but are being wasted with little effort to manage the resource sustainably. The steps toward sustainable development of tropical lands are well known, but it is difficult to anticipate who will implement the required conservation measures. The forestry profession in the Tropics lacks sufficient political, social, and financial support and is not in a position to manage the vast tropical forest biome. The consequences of this situation are serious for people in both tropical and temperate zones. Forestry institutions need reorienta-

Table 6. *-Biomass and nutrient accumulation in fine leaf litter (kg/ha) and the percent age of all leaves in live bryophyte communities on the floodplain forest floor. Fine litter accumulation was measured 10 months after the passage of Hurricane Hugo (Frangi and Lugo 1992).*

Component	Mass	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Al
Palm	1870	12.4	0.7	2.2	9.9	3.1	0.8	7.4	11.6
Other leaves	1720	14.8	0.5	2.1	8.7	2.9	0.8	6.3	11.3
All leaves	3560	27.2	1.2	4.3	18.6	6.0	1.6	13.7	22.9
Bryophyte community (percent of all leaves)	45	53	67*	123	15	45	31	134	96

*Equivalent to 59 percent of phosphorus in all fine litter (including wood and miscellaneous) in 1980 prior to the Hurricane.

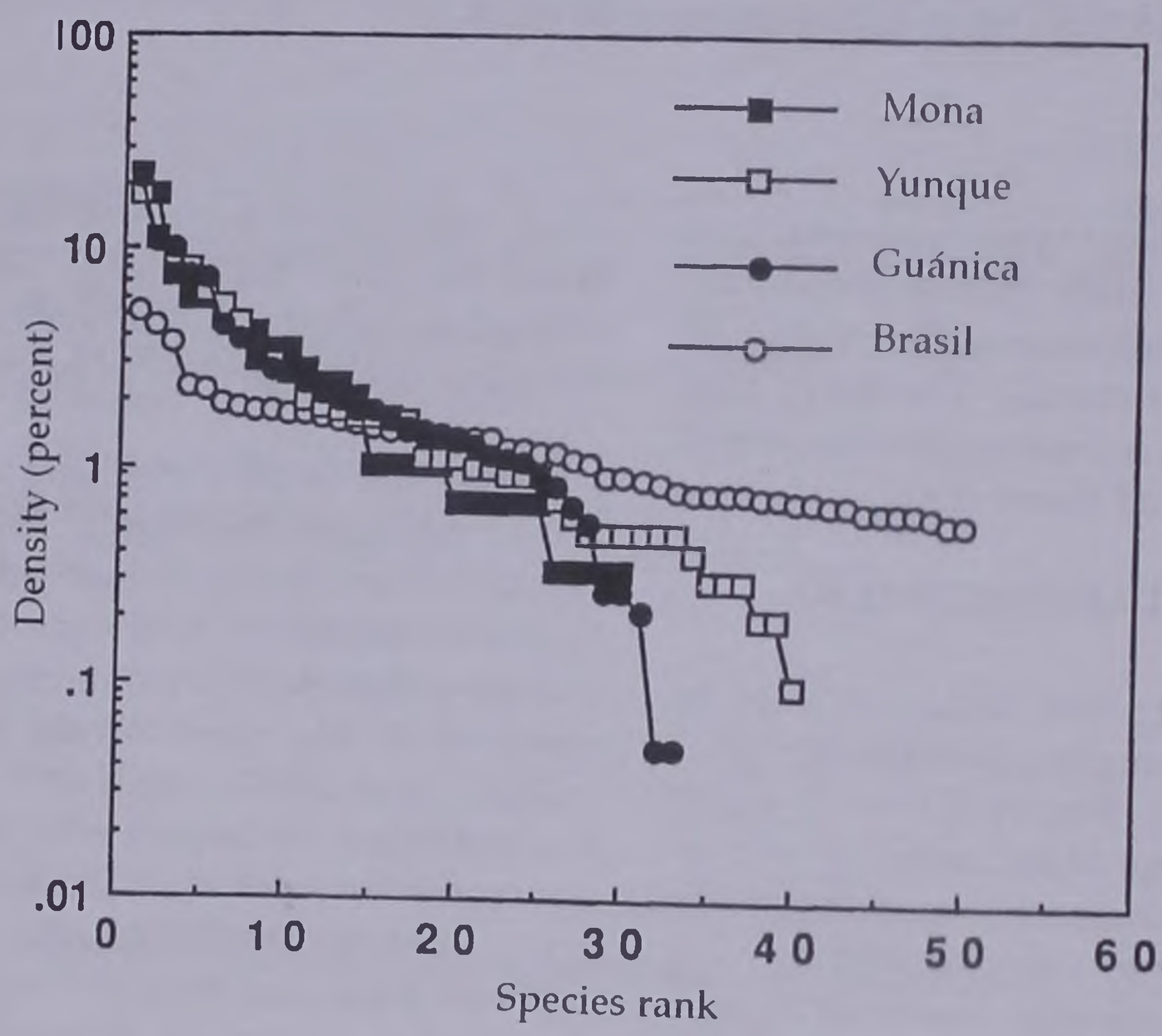


Figure 9. *-Relative Importance curves for the most diverse community on Mona Island (lowland forest), a mature semideciduous forest in Guánica, the Luquillo Experimental Forest, and a moist forest in the Amazon basin of Brazil (Lugo 1991).*

Table 7. *-Fraction of the world ecologists in the Tropics (based on 16,000 ecologists Lugo 1992).*

Biogeographic realm	Geographic region	Fraction of the world's
		Percent
Palearctic	Europe, Siberia	35.3
Nearctic	North America	43.0
Oriental	Near East to Far East Malaysia, etc.	12.0
Ethiopian	Subsaharan Africa	2.3
Neotropic	South America	1.7
Australasian	Includes New Zealand, Papua New Guinea, Pacific	5.7
Total		100.0

tion, professionalization, and depoliticalization in order to assume leadership over tropical forest management. Each country should be allowed to manage its own lands and forests, but international cooperation is needed to bring tropical countries to the capabilities of temperate zone forestry institutions (table 7).

LITERATURE CITED

Basnet, K., F.N. Scatena, G.E. Likens, and A.E. Lugo. 1993. Ecological consequences of root grafting in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) trees in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):28-35.

Frangi, J.L. and A.E. Lugo. 1992. Biomass and nutrient accumulation in ten year old bryophyte communities inside a flood plain in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 24:106-112.

Gillespie, A.J.R., S. Brown, and A.E. Lugo. 1992. Tropical forest biomass estimation from truncated stand tables. Forest Ecology and Management 48:69-87.

Lugo, A.E. 1990. Forest management for ecological stability: a call for leadership. Pages 27-30 *in* Are forests the answer? Society of American Foresters, Washington, DC.

Lugo, A.E. 1991. Dominancia y diversidad de plantas en Isla de Mona. Acta Científica 5(1-3):65-71.

Lugo, A.E. 1992. Tropical forest management—time to do something about it. *In:* American forestry: an evolving tradition. Bethesda MD: Proceedings of the 1992 Convention of the Society of American Foresters: 382-391.

Lugo, A.E. and F.N. Scatena. 1992. Epiphytes and climate change research in the Caribbean: a proposal. Selbyana 13:123-130.

Lugo, A.E., J.A. Parrotta, and S. Brown. 1993. Loss in species caused by tropical deforestation and their recovery through management. Ambio 22:106-109.

Lugo, A.E. and J.L. Frangi. 1993. Fruit fall in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25:73-84.

Lugo, A.E. and S. Brown. 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. Forest Ecology and Management 54:239-255.

Lugo, A.E. and S. Brown. 1993. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon. Plant and Soil 149:27-41.

WATERSHED RESEARCH

F.N. Scatena
Hydrologist

During 1993, activities in watershed-related research included sponsoring an international symposium on tropical montane cloud forests, expanding riparian studies and studies on the environmental history of Luquillo forests, and initiating new studies on forest value and the impact of recreation on the Luquillo Experimental Forest. Long-term ecological research continued on the recovery of the Bisley watersheds after Hurricane Hugo, and the Institute's laboratory began to analyze certain nutrients in water in addition to vegetation and soils. During the first 8 months of this period, F.N. Scatena was detailed to the position of Acting Assistant Director of Research of the new International Institute of Tropical Forestry and was responsible for developing the new research work unit description for the Institute.

During the first week of June 1993, the Institute co-sponsored an international symposium on tropical montane forests with the East-West Center of Hawaii. The week-long symposium had over 50 participants and was held in conjunction with the 30th anniversary of the Association of Tropical Biologists. A symposium volume is in press (Hamilton, Juvik, Scatena 1993) and includes a conceptual diagram on the interrelationships of different tropical montane cloud forests (fig. 1), a paper on the management of the Luquillo elfin-cloud forests (Scatena 1993), and an extensive bibliography of montane cloud forests (Watt *et al.* 1993).

Research on anthropogenic effects on the ecosystem of the Luquillo Mountains included the publication of a detailed study on the impact of human activity on the Bisley experimental watersheds (García and Scatena 1994) and the initiation of new studies with the University of Puerto Rico and Colorado State University on changes in soil and vegetation in a chronosequence of active pasture to forest sites. Research on the geomorphology of streams and floodplains of the Luquillo Mountains will also continue through grants to the Johns Hopkins University from the Mellon Foundation of New York. This research focuses on determining the changes in riparian ecosystems of the Luquillo Mountains following European settlement. During the summer field season, a 1,300 year old deposit of plant debris was found in the Fajardo floodplain. The deposit has exceptionally well-preserved seeds and plant and wood fragments that provide an invaluable record of the pre-European lowland forests in this part of the island. Preliminary analysis of the deposit suggests a forested riparian area with *Bursera simaruba*, *Cecropia*, several Melastomataceae, and understory shrubs.

Research on the economic value of the Luquillo forest's ecosystem was also initiated this year through a cooperative agreement with the University of Florida. This effort focuses on determining the energy-based value of the forest. A study on the impact of recreation on forest regeneration was also initiated; it is focused on the establishment of long-term vegetation plots on a range of trails in the forest. As part of these studies, existing data on the number of visitors that are counted at recreation sites within the forest were analyzed in conjunction with the recreation staff of the Caribbean National Forest (fig. 2). Initial research on sustainable farm management in the Amazon Piedmont (Walker *et al.* 1993) and the microeconomic dynamics of deforested areas of the Amazon (Homma *et al.* 1993) were also published with Brazilian colleagues.

Activities of long-term ecological research in the Bisley watersheds included the publications on: the biomass and chemical content of the watersheds before and after Hurricane Hugo (Scatena *et al.* 1993); the distribution of and the ecological importance of root grafting

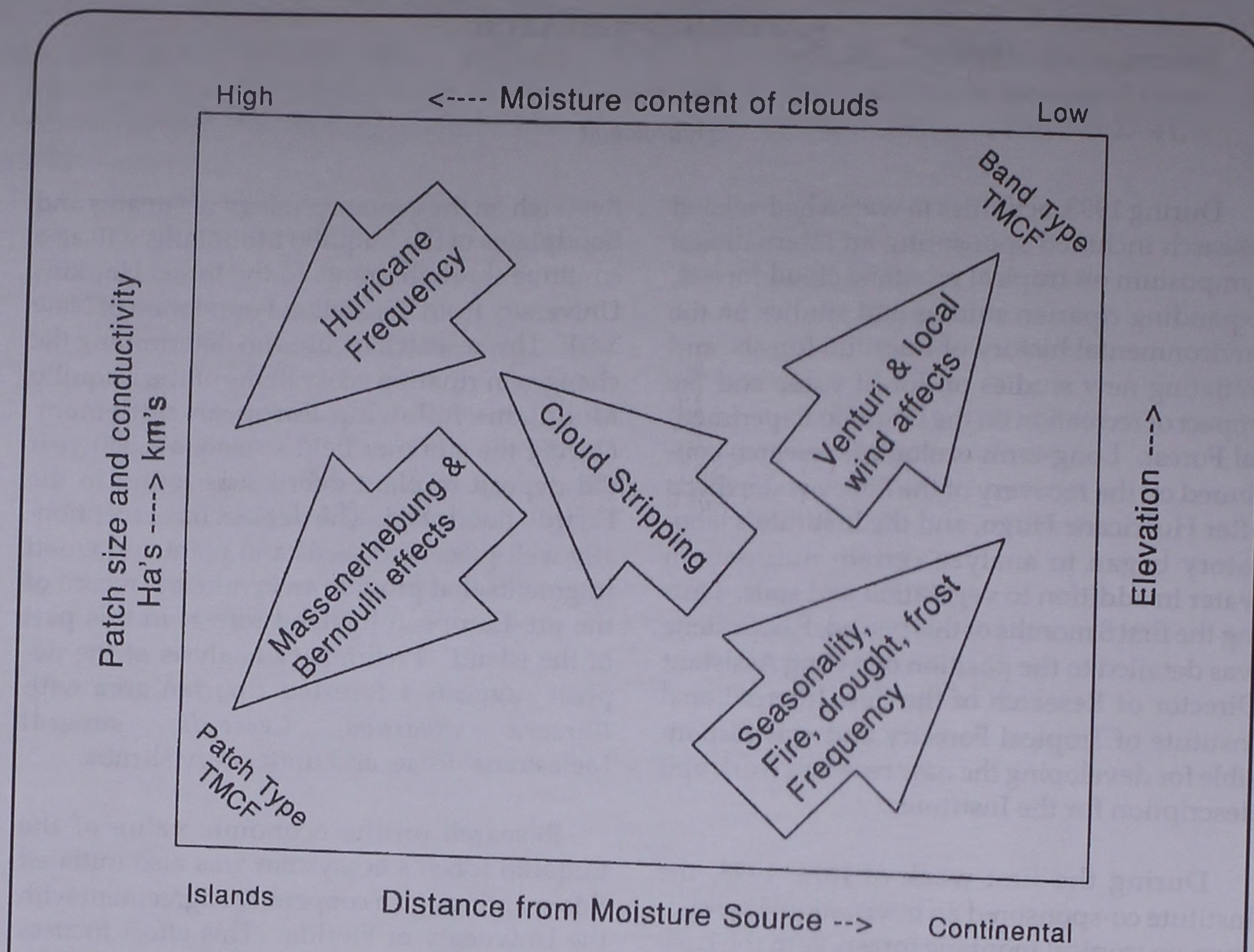


Figure 1. *-Conception of the relationships of various ecosystem properties that influence tropical montane cloud forests. Arrows indicate direction of increasing importance of system property (Hamilton, Scatena, and Juvik 1993).*

in *Dacryodes excelsa* (Basnet 1992, Basnet *et al.* 1993); seedling growth and mortality of four shade-tolerant canopy tree species following Hurricane Hugo (Petty 1993); and orchid-phorophyte relationships (Migenis and Ackerman 1993).

LITERATURE CITED

Basnet K. 1992. Effect of topography on the pattern of trees in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) dominated rain forests in Puerto Rico. Biotropica 24(1):31-42.

Basnet K., F.N. Scatena, G.E. Likens, and A.E. Lugo. 1993. Ecological consequences of root grafting in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) trees in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25 (1):28-35.

García-Montiel, D. and F.N. Scatena. 1994. The effect of human activity on the structure and composition of a tropical forest in Puerto Rico. Forest Ecology and Management 63(1):57-78.

Hamilton, L.S., F.N. Scatena, and J. Juvik, editors. 1993. Tropical Montane Cloud Forests. Proceedings of an International Symposium. San Juan, Puerto Rico; 31 May - 5 June, 1993. East-West Center.

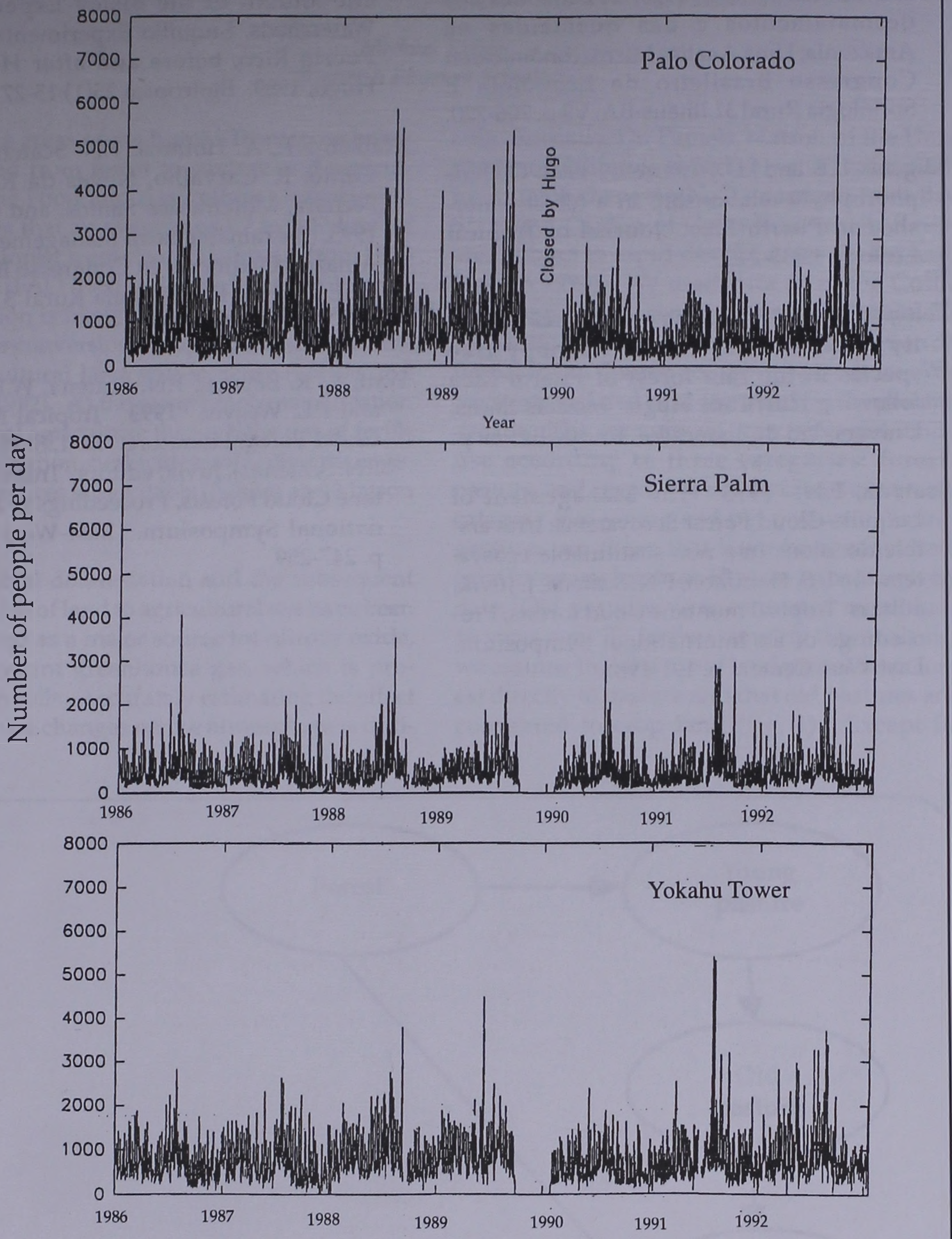


Figure 2. *-Number of visitors per day at the Palo Colorado, Sierra Palm, and Yokahu recreation areas of the Caribbean National Forest (Doherty, Scatena, and Odum 1993).*

Homma A., R.T. Walker, F.N. Scatena, A. de Conto, R. Carvalho, A. de Rocha, C. Ferreira, and M. dos Santos. 1993. A Dinamica dos desmatamentos e das quemaidas na Amazonia; Uma Analise Microeconômica, en Congresso Brasileiro de Economia E Sociologia Rural 31 Ilhéus-BA, V2 p. 706-720.

Migenis, L.E. and J.D. Ackerman. 1993. Orchid-phorophyte relationship in a forest watershed in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 9:231-240.

Petty, W.H. 1993. Seedling growth and mortality of four shade-tolerant canopy tree species in the rain forest of Puerto Rico following Hurricane Hugo. Masters thesis, Universidad de Tennessee, Knoxville. 69 p.

Scatena, F.N. 1993. The Management of Luquillo Cloud Forest Ecosystems: Irreversible decisions in a non-sustitutable ecosystem. *In:* L.S. Hamilton, F.N. Scatena, J. Juvik, editors. Tropical montane cloud forests, Proceedings of an International Symposium. East-West Center. p. 191-198.

Scatena, F.N., W. Silver, T. Siccama, A. Johnson, and M.J. Sánchez. 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo, 1989. Biotropica 25(1):15-27.

Walker, F.T., A. Homma, F.N. Scatena, A. de Conto, R. Carvalho, Neves da Rocha, C. Ferreira, Moreira dos Santos, and Oliveira. 1993. Sustainable farm management in the Amazon Piedmont, en Congresso Brasileiro de Economia E Sociologia Rural 31 Ilhéus-BA. Vol. 2. p. 706-720.

Watt, F., R. Beymer, F.N. Scatena, W.L. Silver, and P.L. Weaver. 1993. Tropical Montane Cloud Forest Literature. *In:* L.S. Hamilton, F.N. Scatena, J. Juvik, editors. Tropical Montane Cloud Forests, Proceedings of an International Symposium. East-West Center. p. 247-259.

LAND-USE CHANGE AND NITROUS OXIDE (N_2O) EMISSIONS: A STUDY IN SARAPIQUI CANTON, HEREDIA, COSTA RICA

Michael Keller
Research Physical Scientist

Large areas of the humid Tropics are being converted from forest to pasture and agriculture. The Food and Agriculture Organization estimates that an average of 1.7 by 10^5 km^2 of tropical forest were cleared annually from 1980 to 1990 (FAO 1991). Given that the human population is likely to double by 2100, the demand for conversion of natural tropical systems to agricultural land will increase (Meyer and Turner 1992). At the same time, intensification of tropical agriculture through the use of fertilizers, irrigation, herbicides, and other management practices is inevitable (Naylor and Matson 1993).

Tropical deforestation and the subsequent conversion of land to agricultural use have been implicated as a major source for nitrous oxide, an important greenhouse gas, which is produced in soils. Accurately estimating the effect of land-use changes on the atmosphere is difficult. Recently, Dr. Pamela Matson of the University of California at Berkeley and I attempted to estimate changing N_2O emissions from the Sarapiquí Canton of Costa Rica, a rain forest area subject to rapid development (Keller and Matson 1994). We used data from the Costa Rican agricultural census (Dirección General de Estadísticas y Censos, 1983) for classification of the Sarapiquí Canton according to land-use. We have extrapolated land-use trends to the present decade. The agricultural census divides land-use according to three categories: forest, pasture, and crops. We subdivided the pasture category into young and old pastures. Young pastures are those that have been converted from forest use less than 10 years prior to a given date. Old pastures were converted more than 10 years ago. To further simplify this analysis, we assume that the use of land passes from forest directly to pasture and that old pastures are converted to crop land (fig. 1). Except in

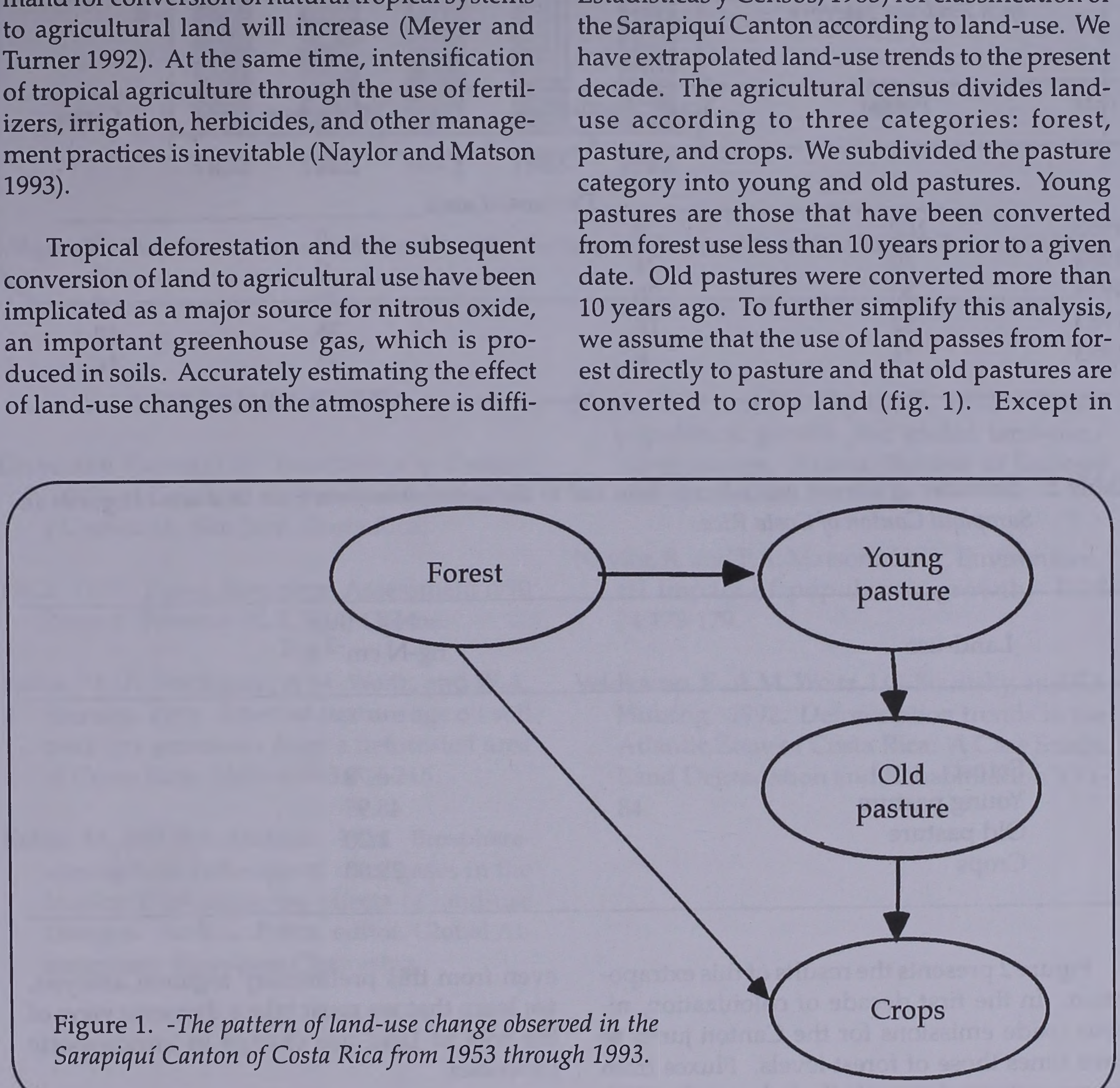


Figure 1. *-The pattern of land-use change observed in the Sarapiquí Canton of Costa Rica from 1953 through 1993.*

limited cases, such as the banana expansion of the 1960's (Veldkamp *et al*. 1992), capital requirements limited the pace of agricultural development. Land-use distributions for five decades are presented in table 1.

Details regarding the gas-emission data and the extrapolation approach may be found in Keller and Matson (1994) and Keller *et al*. (1993). Average annual fluxes for nitrous oxide are compiled according to land-use type in table 2.

emissions of nitrous oxide are still double the predevelopment levels owing to the substantial areas of crops and a small area of new pastures.

This preliminary analysis of land-use change is necessarily simplistic. A more comprehensive analysis would use geographically referenced models of land-use and soil properties and process-based models of soil biogeochemistry to estimate fluxes. However,

Table 1. *-Land-use in Sarapiquí Canton of Costa Rica from 1953-1993. Percentage of area is shown for each land-use category.*

Year	Forest	Young pasture	Old pasture	Crops
	Percent of area			
1953	100	0	0	0
1963	70	24	0	6
1973	50	20	22	8
1983	32	18	38	12
1993	24	8	52	16

Table 2. *-Estimates of nitrous oxide fluxes from soil to the atmosphere from four land-use categories in Sarapiquí Canton of Costa Rica.*

Land-use	N_2O flux ng-N cm^{-2} h^{-1}
Forest	6.78
Young pasture	48.95
Old pasture	2.20
Crops	29.00

Figure 2 presents the results of this extrapolation. In the first decade of colonization, nitrous oxide emissions for the Canton jump to three times those of forest levels. Fluxes from young pastures dominate the balance. By 1993, even from this preliminary regional analysis, we learn that we must take a dynamic view of the role of land-use change in atmospheric processes.

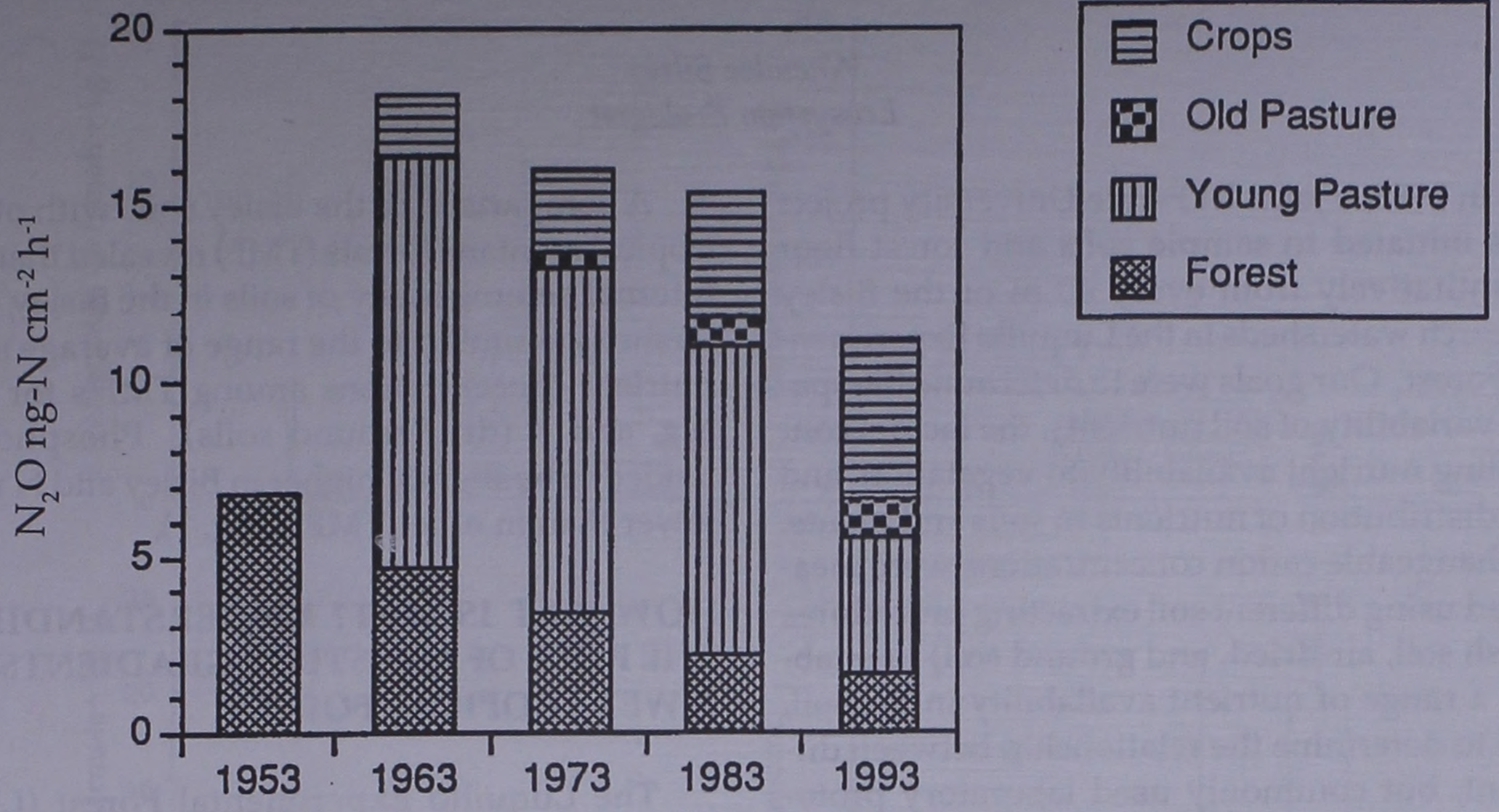


Figure 2. -*The pattern of land-use change observed in the Sarapiquí Cantón of Costa Rica from 1953 through 1993.*

LITERATURE CITED

Dirección General de Estadística y Censos (1983). Ministerio de Economía, Industria y Comercio. San José, Costa Rica.

FAO. 1991. Forest Resources Assessment 1990 Project. Forestry N. 7. FAO. Rome.

Keller, M., E. Veldkamp, A.M. Weitz, and W.A. Reiners. 1993. Effect of pasture age on soil trace gas emissions from a deforested area of Costa Rica. Nature 365:244-246.

Keller, M. and P.A. Matson. 1994. Biosphere-atmosphere exchange of trace gases in the tropics: Evaluating the effects of land-use changes. *In*: R.G. Prinn, editor. Global Atmospheric Biosphere Chemistry.

Meyer, W.B. and B.L. Turner, II. 1992. Human population growth and global land-use/cover change. Annual Review of Ecology and Systematics 23:39-61.

Naylor, R. and P.A. Matson. 1993. Environmental impact of population growth. EOS 74:178-179.

Veldkamp, E., A.M. Weitz, I.G. Staritsky, and E.J. Huising. 1992. Deforestation trends in the Atlantic Zone of Costa Rica: A Case Study. Land Degradation and Rehabilitation 3:71-84.

NUTRIENT AVAILABILITY IN A MONTANE WET TROPICAL FOREST IN PUERTO RICO: SPATIAL PATTERNS AND METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS

Whendee Silver
Ecosystem Ecologist

In 1988, a joint IITF-Yale University project was initiated to sample soils and forest floor quantitatively from every 40 m of the Bisley research watersheds in the Luquillo Experimental Forest. Our goals were to determine the spatial variability of soil nutrients, the factors controlling nutrient availability to vegetation, and the distribution of nutrients in soils and plants. Exchangeable cation concentrations were measured using different soil extracting procedures (fresh soil, air-dried, and ground soil) to establish a range of nutrient availability in the soil, and to determine the relationship between different, but commonly used laboratory protocols. Fresh soils extracted generally yielded significantly lower exchangeable Ca, Mg, and K concentrations than soils which were dried and ground prior to extraction. Soil nutrients also generally decreased in proportion to the depth of the soil.

Several soil properties varied predictably across the landscape and could be viewed in the context of a simple catena model. In the surface soils, exchangeable base cation concentrations and pH increased along a gradient from ridge tops to riparian valleys, whereas soil organic matter, exchangeable Fe, and acidity decreased along this gradient. On the ridges, N, P, and K were positively correlated with soil organic matter; on slopes, N and P were positively correlated with organic matter, and Ca, Kg, and soil pH were negatively correlated with exchangeable Fe.

Nutrient availability in the upper catena appears to be primarily controlled by biotic processes, particularly the accumulation of organic matter. The Ca, K, and P content of the vegetation was greater on ridges and slopes than in the valley positions. Periodic flooding and impeded drainage lower in the catena resulted in a more heterogeneous environment.

A comparison of the Bisley soils with other tropical montane forests (TMF) revealed that the internal heterogeneity of soils in the Bisley watersheds is similar to the range of average soil-nutrient concentrations among TMF's for Ca, Mg, and K (dry/ground soils). Phosphorus tended to be slightly higher in Bisley and N was lower than in other TMF's (fig. 1).

HOW WET IS WET? UNDERSTANDING THE ROLE OF MOISTURE GRADIENTS IN A WET TROPICAL FOREST

The Luquillo Experimental Forest (LEF) exhibits dramatic changes in plant species distribution and forest structure along a gradient of increasing elevation. Tree species diversity, tree height, and biomass decrease from the tabonuco forest to the colorado forest and reach the lowest values in the cloud forest situated on the peaks and ridges above 700 m. Rainfall and cloud-water inputs increase along this gradient. In this study, soil oxygen content was used as an index to indicate the degree of coupling between the amount and distribution of rainfall and cloud moisture and the ecosystem structure and function in the LEF. The percentage of oxygen in the soil decreased along the elevational gradient and corresponded to changes in the horizontal distribution of roots and plant-growth form. In the upper elevation cloud forest, soil oxygen was very low (0 to 7 percent), indicating that this forest is essentially a temporal wetland environment. Because the cloud forest is particularly dependent upon patterns of rainfall and cloud moisture for maintenance of the wetland condition, we propose that forests of this type are excellent environments for the study of changing climatological conditions.

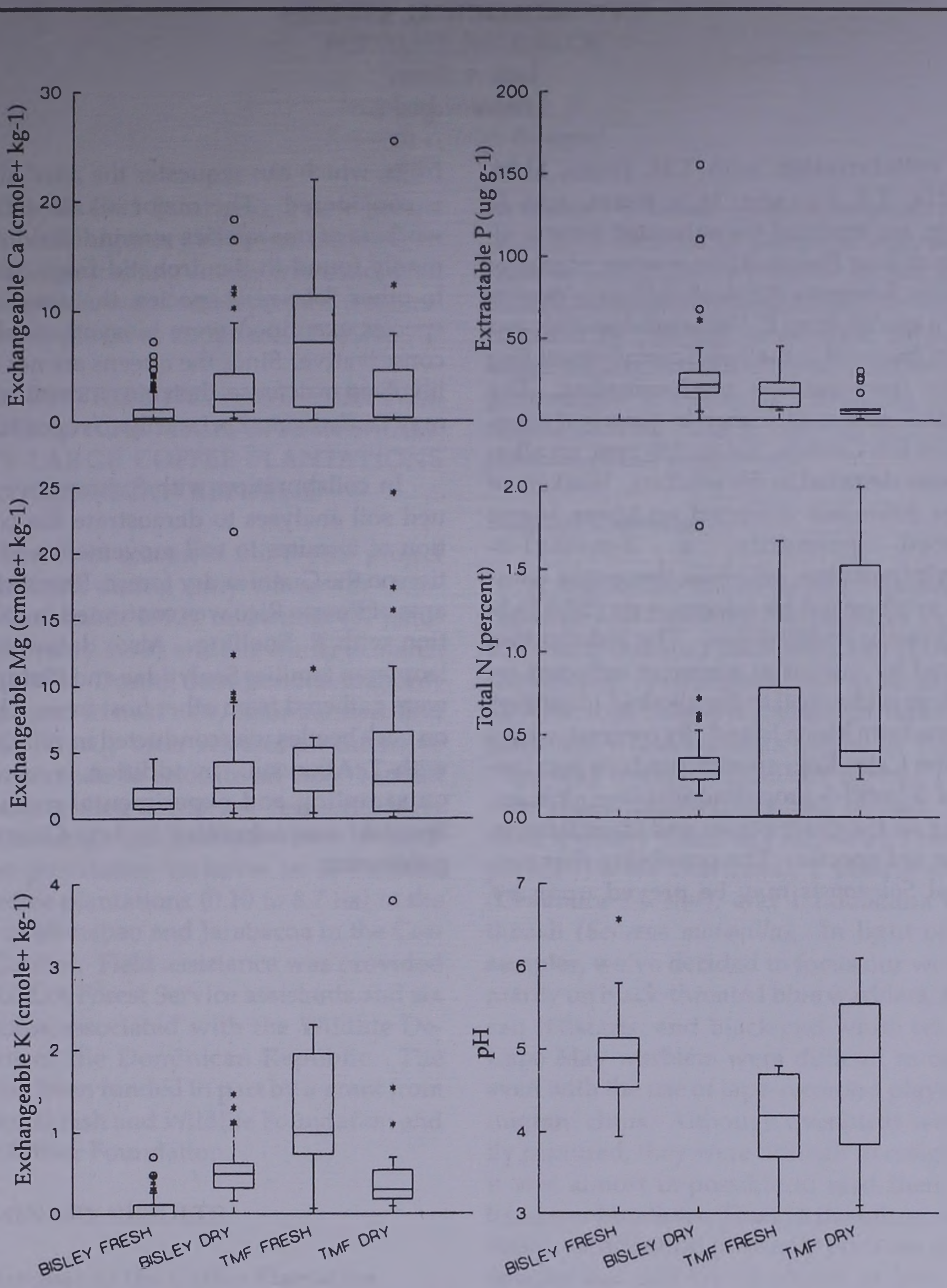


Figure 1. *-Box plots of the range of values of nutrient concentrations in surface soils (0-10 cm) of the Bisley Research Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, and other tropical montane forest (TMF) sites combined. Data sets using fresh soils (Bisley Fresh, TMF Fresh) and dry/ground soils (Bisley Dry, TMF Dry) are compared. Bars represent the median between the whiskers; boxes enclose the interquartile range; stars represent outliers, and dots are far outside values (Silver et al. 1994).*

ENTOMOLOGICAL STUDIES

Juan A. Torres
Entomologist

In collaboration with T.H. Jones, H.M. Garraffo, T.F. Spande, M.S. Blum, and R. Snelling, we analized the saturated venom alkaloids of four Puerto Rican species of ants of the genus *Solenopsis* (Diplorhoptrum). Worker ants of a species from El Verde produced cis and trans-isomers of 2-methyl-6-nonylpiperidine with the trans-isomers predominating. The same alkaloid was identified in queens of a species from Río Grande, but in this case, no alkaloids were detected in the workers. Workers of another *Solenopsis* collected on Mona Island produced primarily a 2-methyl-6-nonenylpiperidine, whereas the major compound synthesized by queens is cis (5Z,9Z)-3-hexyl-5-methylindolizidine. The indolizidine produced by queens of a species collected on Cabo Rojo is identical to the alkaloid identified in queens from Mona Island. By contrast, workers of the Cabo Rojo species produce two isomers of 3-butyl-5-propylindolizidine. We are working on the descriptions and identification of these ant species. The possibility that two arboreal *Solenopsis* may be preyed upon by frogs, which can sequester the ants' alkaloids, is considered. The major alkaloid from the workers of one species was indolizidine, commonly found in dendrobatid frogs. Similarly to other *Solenopsis* species, the queens of the species examined were biosynthetically very conservative. Since the queens are not actively involved in defense, their biosynthetic resources may be dedicated primarily to reproduction.

In collaboration with S. Jones, we continued soil analyses to demostrate the contribution of termites to soil movement and formation on the Guánica dry forest. Research on the ants of Puerto Rico was continued in collaboration with R. Snelling. Also, data on the coleopteran families Scolytidae and Platypodidae were gathered from other host trees. The work on bark beetles was conducted in collaboration with T. Atkinson. In addition, a manuscript on sampling and experimental methods (in Spanish) was submitted to Acta Científica for publication.

WILDLIFE RESEARCH

Joseph M. Wunderle, Jr.
Research Wildlife Biologist

During the 1993 fiscal year, a new project on neotropical migratory birds was initiated, an 18-day wildlife training course was conducted in Jamaica, and several small projects were initiated or completed as summarized below.

WINTER DISTRIBUTION AND SURVIVAL OF NEOTROPICAL MIGRANTS IN SMALL VERSUS LARGE COFFEE PLANTATIONS IN THE DOMINICAN REPUBLIC

The first field season of this 3-year project was conducted during early winter (21 October to 6 November 1992), midwinter (11 January to 3 February 1993), and late winter (8 March to 5 April 1993). During these periods, migrants were captured in mist nets, color-banded, and released. Shortly after release, an intensive search was made to relocate all color-banded birds and map their territories. Territories were mapped in early, mid-, and late winter to document the population turnover in 13 isolated shade coffee plantations (0.10 to 8.7 ha) in the vicinity of Manabao and Jarabacoa in the Cordillera Central. Field assistance was provided by two USDA Forest Service assistants and six Dominicans associated with the Wildlife Department of the Dominican Republic. The project has been funded in part by a grant from the National Fish and Wildlife Foundation and the MacArthur Foundation.

PRELIMINARY RESULTS

Characteristics of the Coffee Plantation

Characteristics of the coffee plantations are summarized in table 1. To examine the effect of plantation size on migrant populations, the plantations were divided into large and small categories. The 4 large plantations ranged in size from 2.5 to 8.7 ha (mean = 5.9 ha) and the 9 small plantations ranged in size from 0.09 to 0.59 ha (mean = 0.33 ha). Most of the small plantations were isolated in pastures, with isolated trees or hedgerows within 20 to 100 m. Although the large plantations were partially surrounded by pasture, most were adjacent to larger tracts of broadleaf trees. The Dominican government is currently providing us with remote sensing data to help us quantify the isolation of our plantations.

Migrant Captures

A total of 289 migrants of 10 species were captured and banded. The captures included 109 black-throated blue warblers *(Dendroica caerulescens)*, 73 ovenbirds *(Seiurus aurocapillus)*, 52 American redstarts *(Setophaga ruticilla)*, 19 black-and-white warblers *(Mniotilta varia)*, 19 Cape May warblers *(Dendroica tigrina)*, 11 common yellowthroats *(Geothlypis trichas)*, 3 magnolia warblers *(Dendroica magnolia)*, 1 northern parula *(Parula americana)*, 1 prairie warbler *(Dendroica discolor)*, and 1 Louisiana waterthrush *(Seiurus motacilla)*. In light of these samples, we've decided to focus our work primarily on black-throated blue warblers, American redstarts, and black-and-white warblers. Cape May warblers were difficult to capture, even with the use of tape-recorded playback of migrant chips. Although ovenbirds were easily captured, they were difficult to resight and, it was almost impossible to read their color-band combinations. Thus, in the future, we will focus our attention primarily on three migrant species but will try to obtain at least some information on the other species.

Males were the most abundant sex captured in common yellowthroats (73 percent), black-throated blue warblers (68 percent), American redstarts (64 percent), and Cape May warblers (63 percent). Overall, the number of captured adults (ASY, 140 individuals) was

Table 1. *-Characteristics of shade plantations in which migrant populations have been color-banded in the vicinity of Manabao and Jarabacoa, Dominican Republic.*

Plantation number	Area	Perimeter	Perimeter/area	Estimated distance to nearest plantation
9	0.09	115	0.13	20
2	0.11	132	0.12	55
23	0.13	162	0.12	50
22	0.28	204	0.07	15
16	0.31	272	0.09	20
7	0.44	266	0.06	95
8	0.52	338	0.06	35
30	0.52	276	0.05	20
1	0.59	367	0.06	55
4	2.45	961	0.04	0
29	4.56	960	0.02	0
24	7.65	2,107	0.03	40
17	8.65	1,817	0.02	0

equivalent to captured juveniles (HY/SY, 139 individuals), although species differences in these ratios were evident.

Birds were captured in mist nets placed evenly throughout the plantations. Tape-recorded playback of a mixture of migrant chips was used to attract some birds into nets in the early winter period only. Playback was not very effective in mid- and late winter, and thus discontinued during those time periods. A comparison of the probabilities of resighting a captured bird when captured by playback versus captured without playback indicates a slightly higher probability of resighting playback-captured birds in early winter. However, these differences were not statistically different in the individual species. The likelihood that these birds would be resighted in mid- or late winter did not differ between the two capture categories. Thus, it currently appears that the likelihood of resighting a bird does not differ with capture method, and the results of the two capture methods might be pooled for certain analyses. Obviously, larger samples obtained in the next year will help to clarify this issue.

Capture-Resight Percentage

To quantify the likelihood that a captured bird would be resighted shortly after release, we calculated a capture-resight percentage. The capture-resight percentage is a measure of the birds resighted in the same time period as its capture (early, or mid- or late winter), usually within 1 to 4 days after capture. A high percentage of capture-resights indicates that captured birds remain in the plantation of capture, (i.e., territorial) in contrast to a low percentage, which indicates that numerous captured birds might leave the plantation, (i.e., floaters). Depending upon species, capture-resight percentages ranged from 50 to 100 percent and fell within the range for migrants in extensive natural forest in Puerto Rico.

Overwinter Turnover

Site persistence or overwinter turnover of territorial birds was quantified by determining the percentage of early winter territorial birds, which remained on territories in late winter. Depending on the species, approximately 62 to 79 percent of the early winter territory holders were still present in late winter. This range is comparable to published values for migrants wintering in natural forests on Jamaica (Holmes

et al. 1989, Condor 91:545-561) and in the case of black-throated blue warblers, the overall value of 79 percent present was actually higher than on Jamaica (66 percent) or Puerto Rico (42 to 68 percent, Wunderle). For American redstarts, the value of 64 percent present in late winter was lower than in Jamaica (79 percent). The higher turnover in coffee plantations is attributed mostly to the disappearance of adult males (only 55 percent remained in coffee versus 87 percent on Jamaica) because females were more persistent in coffee (87 percent) than in Jamaican forests (70 percent). In summary, overwinter site persistence in Dominican coffee plantations is comparable to (and in some cases higher than) extensive natural forests in the Caribbean, although sex differences do exist.

The Effect of Plantation Size

To examine the effect of plantation size on overwintering migrant populations, we compared the capture-resight percentages and overwinter turnover values for large and small coffee plantations.

Overwinter turnover or site persistence did not differ between large and small plantations in black-throated blue warblers (70 percent present in late winter in large vs 71 percent in small). Only a slight difference was found between plantations in persistence of territorial American Redstarts (66 percent present in late winter in large vs 60 percent present in small). A larger difference was found in black-and-white warblers (60 percent present in late winter in large vs 25 percent present in small), although the sample sizes are very small.

The capture-resight percentage or percentage of birds sighted shortly after capture did not differ between large and small plantations in American redstarts (61 percent of captured birds were sighted shortly after capture in both large and small plantations). Captured black-throated blue warblers were more likely to be sighted shortly after capture in small (64 percent) rather than in large plantations (52 percent). In contrast, black-and-white warblers showed an opposite pattern with higher capture resights in large (80 percent) rather than small plantations (60 percent), although the samples are very small.

Data on body mass and fat have been gathered but not yet analyzed. In addition, we removed a tail feather from all captured birds so as to induce growth of a new feather. We were able to collect the induced feathers from recaptured birds and intend to measure the distance between the growth bars to obtain a measure of growth rate, which may serve as an indication of food supply in the plantations. In addition, point counts were run in all plantations to monitor migrant abundance through the winter. Point counts involved 10 minutes of silent observation and 5 minutes of playback of migrant chips. Because point counts were run in plantations with color-banded territorial migrants, it will be possible to evaluate the effectiveness of point counts (silent and with playback) in detecting territorial birds. These data have not yet been analyzed.

Additional Projects

A 3- week trip to Belem and Santarem, Brazil, enabled my collaborator, Dr. Michael Willig of Texas Tech University, to meet with me and our Brazilian counterparts, Dr. David Oren and Dr. Suely Marques of the Museu Paraense Emilio Goeldi. We are currently developing a project designed to determine the effect of forest openings and edges on forest bird and bat communities. This project will be run in the Tapajos National Forest and will enable us to identify forest wildlife species that are particularly sensitive to silvicultural or timber harvest practices.

I served as the course coordinator and principle tutor for the Caribbean forest ecology and conservation training course run by the International Council for Bird Preservation at Discovery Bay, Jamaica, from 23 November until 11 December 1992. The participants were primarily managers from forestry or conservation

departments from the eastern Caribbean and Jamaica. The course involved tutors from a variety of local and international organizations and focused on field sampling and monitoring methods for Caribbean wildlife and plant communities.

During the FY93 period, two papers were published including a paper on the effect of Hurricane Hugo on bird populations on St. Croix (Wauer and Wunderle 1992), and a paper resulting from migrant surveys made while a University of Puerto Rico faculty member.

LITERATURE CITED

Wauer, R.H. and J.M. Wunderle. 1992. The effects of Hurricane Hugo on bird populations on St. Croix, U.S. Virgin Islands. Wilson Bull. 104:656-673.

Wunderle, J.M., R.B. Waide, B. Sánchez, and D. Rodríguez. 1992. Primera observación de *Vermivora virginiae* (Aves, Emberizidae) en Cuba. Comunicaciones breves de Zoología, Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, p. 4.

LONG-TERM AVIAN RESEARCH

Wayne J. Arendt
Research Wildlife Biologist

PEARLY-EYED THRASHER ECOLOGY AND LIFE HISTORY

After 5 years of preparation, the first draft of the pearly-eyed thrasher monograph was completed on 11 August 1993. Following is a brief summary of some of the results presented in the chapter on reproduction. Three main topics are included: (1) annual return rates of nest-box breeders, including the effects of Hurricane Hugo; (2) effects of the Hurricane on the breeding seasons and various reproductive parameters; and (3) lifetime reproductive success; i.e., the number of fledglings produced during the breeders lives, including the recruitment of fledglings into the sampled breeding population.

ANNUAL RETURN RATES

The combined average annual return rate for 86 banded males and 121 banded females breeding in nest boxes from 1979 to 1992 was 84 percent, with a higher rate of return for males (87 percent) than females (82 percent) (fig. 1). Following Hurricane Hugo, the combined average annual return rate plummeted to 49 percent (42 percent in males, 56 percent in females), but regained predisturbance levels by the beginning of the second post-disturbance breeding season (fig. 1).

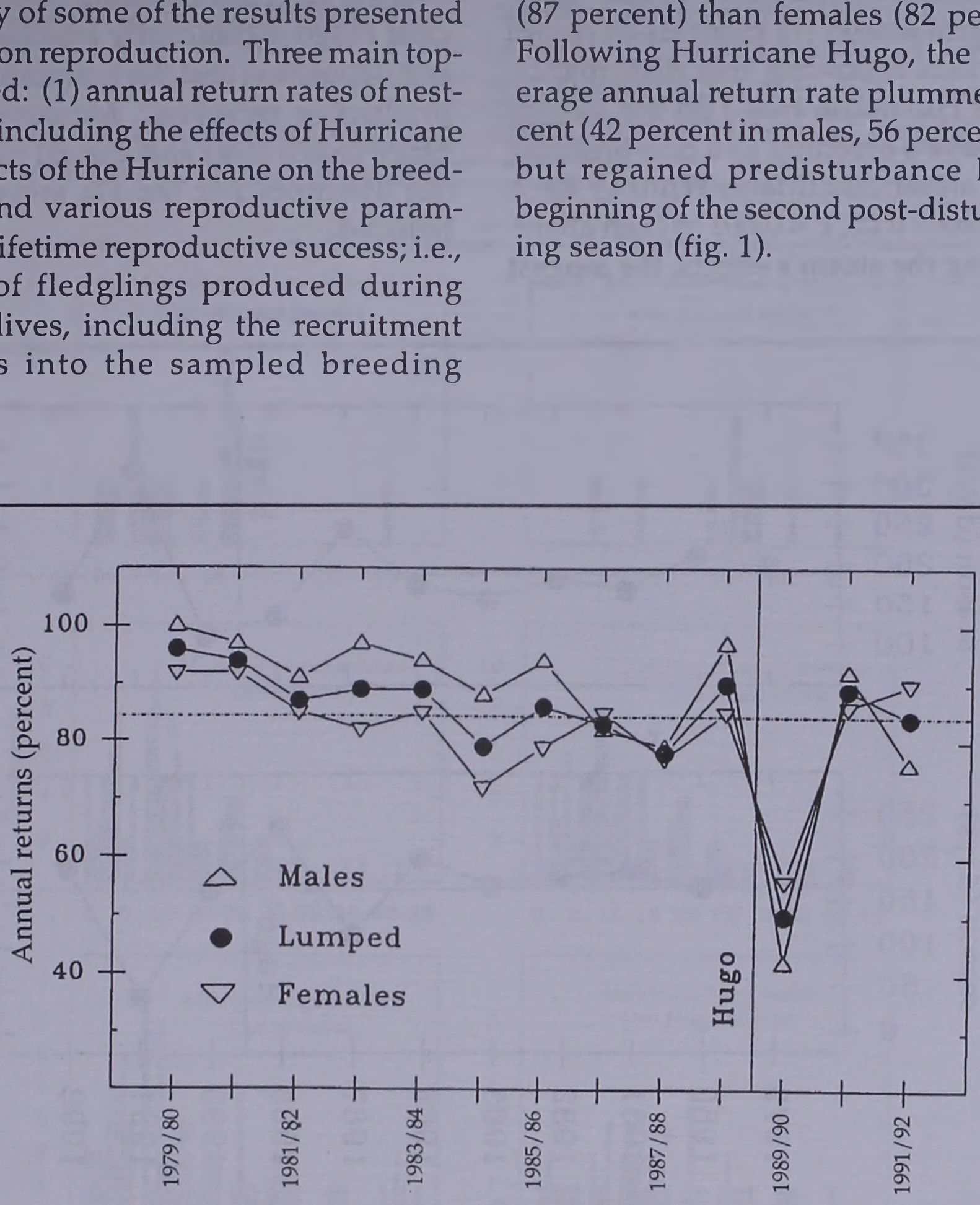


Figure 1. *-Annual return rates of 86 male and 121 female pearly-eyed thrashers breeding in nest boxes between 1979 and 1992. Hurricane Hugo significantly lowered return rates, but predisturbance levels were recouped by the second breeding season following disturbance. The plot-wide dot-dashed line is the mean return rate for both sexes.*

BREEDING SEASONS

The pearly-eye is involved in its reproductive efforts for more than half of each calendar year (fig. 2). The average length of 11 breeding seasons was 191 days or about 6.5 months (min. = 115 days; max. = 322). Consequently, thrashers need about 5.5 months (x = 165 days; min. = 44; max. = 238 days) to recrudesce reproductive organs and replenish depleted fat reserves. The shortest breeding season (3.8 months) thus far recorded followed Hurricane Hugo. Likewise, the longest season (11 months) on record occurred 2 years following this disturbance. The effects of Hurricane Hugo on the lengths of the pearly-eye's breeding and non-breeding seasons were significant (Mann-Whitney Rank Sum Test: alpha = 0.05, $P < 0.001$ in both analyses). Excluding the storm's effects, the longest breeding season (8 months) was shortened by almost 3 months. The shortest remaining nonbreeding season (4 months) was increased by about 2.5 months.

REPRODUCTIVE SUCCESS

Between, 1979 and 1992, about 80 percent of all eggs laid produced nestlings, of which about half (48 percent) successfully fledged. Only 2 percent of the fledglings were recruited into the sampled breeding population. Hurricane Hugo significantly affected the timing of egg deposition and the temporal aspects of reproductive recycling. Moreover, post-disturbance clutch sizes and annual numbers of nesting attempts per female were significantly reduced.

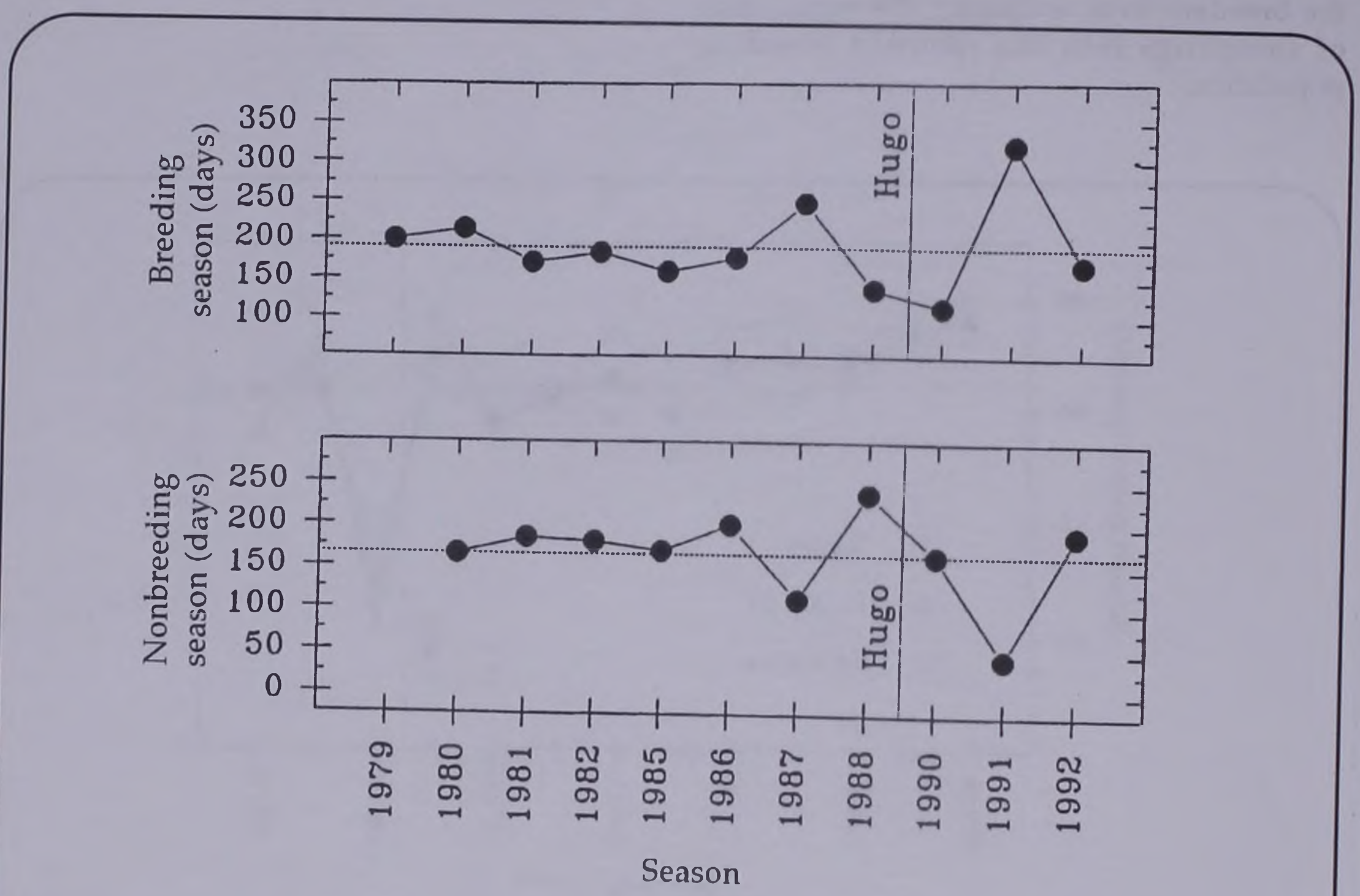


Figure 2. *-Lengths of 11 pearly-eyed thrasher breeding and nonbreeding seasons. The plot-wide horizontal dashed lines are the overall average lengths of all breeding and nonbreeding seasons sampled between 1979 and 1992. The effects of Hurricane Hugo were significant on the length of both breeding and nonbreeding seasons.*

LIFETIME REPRODUCTIVE SUCCESS

Because male pearly-eyes tend to live, or at least breed, for more seasons than females, they might be expected to produce more offspring in their lives than their mates. Not surprisingly, males were found to produce significantly more fledglings in their lifetimes (x = 19.324 + SE = 1.345; range = 0 - 45) than females (x = 10.684, + SE = 0.792; range = 0 - 42); Mann-Whitney (T = 9,357, P = 0.05). More than twice the number of individual males sire 30 or more fledglings than do females (fig. 3).

Numerous long-term studies have shown that 50 percent or more of the fledglings and subsequent recruits into the breeding population are produced by only 15 to 30 percent of the breeders. In the pearly-eye, 87 percent of the breeders failed to produce subsequent breeders in the sampled population. Only 13 percent of the breeders (11 of 36 males, 16 of 121 females), produced fledglings that were later recruited into the sampled breeding population. No single individual breeder was responsible for producing more than two recruits. Recruitment rates do not have to be high to sustain this rain forest thrasher population because the pearly-eye is a long-lived species. A few banded individuals, including both sexes, are still alive after 14 years as breeders.

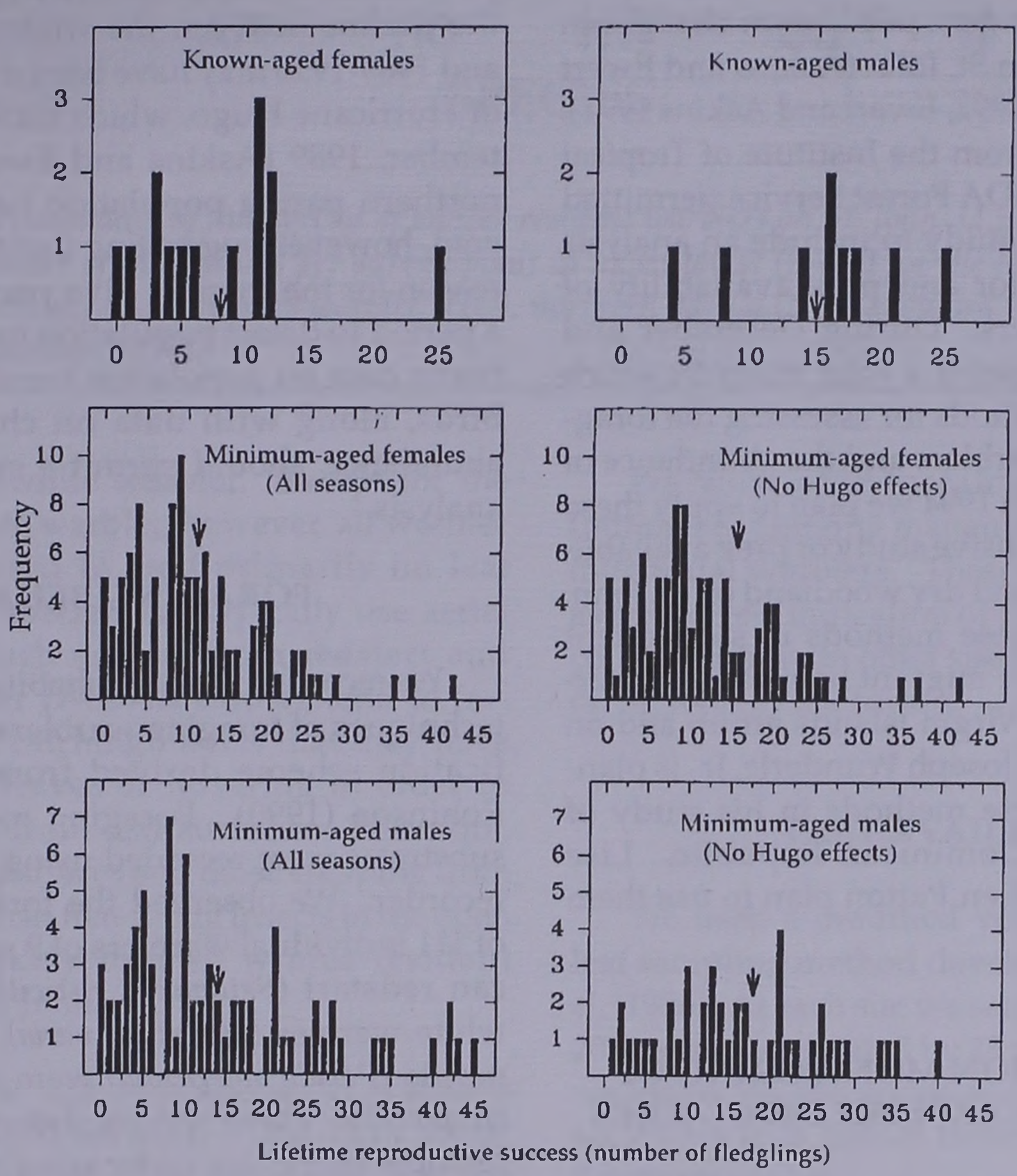


Figure 3. *-Lifetime reproductive success (expressed as number of fledglings) in known- and minimum-aged pearly-eyes. Breeding success was compared excluding the effects of Hurricane Hugo by eliminating the 1990 and 1991 breeding seasons. Although frequency distributions are visually altered, they are not significant for either sex at the 95 percent level of confidence. Arrows (↓) are means.*

WILDLIFE RESEARCH

Robert A. Askins and David N. Ewert
Wildlife Biologists
Connecticut College
The Nature Conservancy

INTRODUCTION

Since 1987, we have been studying the ecology of migratory birds that spend the winter in the U.S. Virgin Islands. From 1987 to 1992, our work, (which was supported by the USDI National Park Service, the National Geographic Society, and the World Nature Association) focused on the distribution of migratory warblers in different habitats on the islands of St. John and St. Thomas and on population changes in warblers at sites on St. John (Askins and Ewert 1991, Askins *et al.* 1992, Ewert and Askins 1991). In 1993, support from the Institute of Tropical Forestry of the USDA Forest Service permitted us to expand this study to include an analysis of feeding behavior and prey availability of wintering warblers. During December and January, we completed a pilot study in which we developed methods for assessing the foraging behavior of warblers and the abundance of their insect prey. In 1994 we plan to apply these methods in an intensive study of prey availability in moist forest and dry woodland on St. John. We plan to use these methods in subsequent winters to compare migrant habitats on different islands in the Virgin Islands group and on Puerto Rico. Also, Joseph Wunderle, Jr., is planning to adopt these methods in his study of warblers in the Dominican Republic. Lise Hanners and Stephen Patton plan to use them in Jamaica.

POPULATION MONITORING OF MIGRATORY WARBLERS ON ST. JOHN

We used fixed-radius point counts (Hutto *et al.* 1986) to estimate the relative abundance of birds at 40 points in moist forest and 22 points in dry forest. Surveys had been completed at the same points in 1987, 1990, 1991, and 1992 (Askins and Ewert 1991). We recorded all birds detected within 25 m of the survey point during a 10-minute observation period.

The overall abundance of winter-resident warblers has shown a decline in moist forests on St. John since 1987. This is primarily due to a lower abundance of northern parula in the years after 1987 (fig. 1). We hypothesized that the decline between the winters of 1987-1988 and 1989-1990 may have been due to the effects of Hurricane Hugo, which hit St. John in September, 1989 (Askins and Ewert 1991). The northern parula population has never recovered, however, suggesting that there is another reason for the change. Five years is too a short a period to detect population trends, but eventually data on population trends in migratory birds, along with data on changes in prey abundance, should permit a more conclusive analysis.

FORAGING BEHAVIOR

We recorded the microhabitats and feeding techniques of foraging warblers using a classification scheme derived from Remsen and Robinson (1990). Foraging movements and substrates were recorded using a cassette tape recorder. We observed the foraging behavior of 111 individual warblers of 9 species. American redstart (*Setophaga ruticilla*), black-and-white warbler (*Mniotilta varia*), and northern parula (*Parula americana*) were observed most frequently. These species showed distinct differences in the use of foraging methods, with aerial maneuvers predominating in the American redstart, maneuvers directed at leaves predominating in the northern parula, and maneuvers directed at bark predominating in

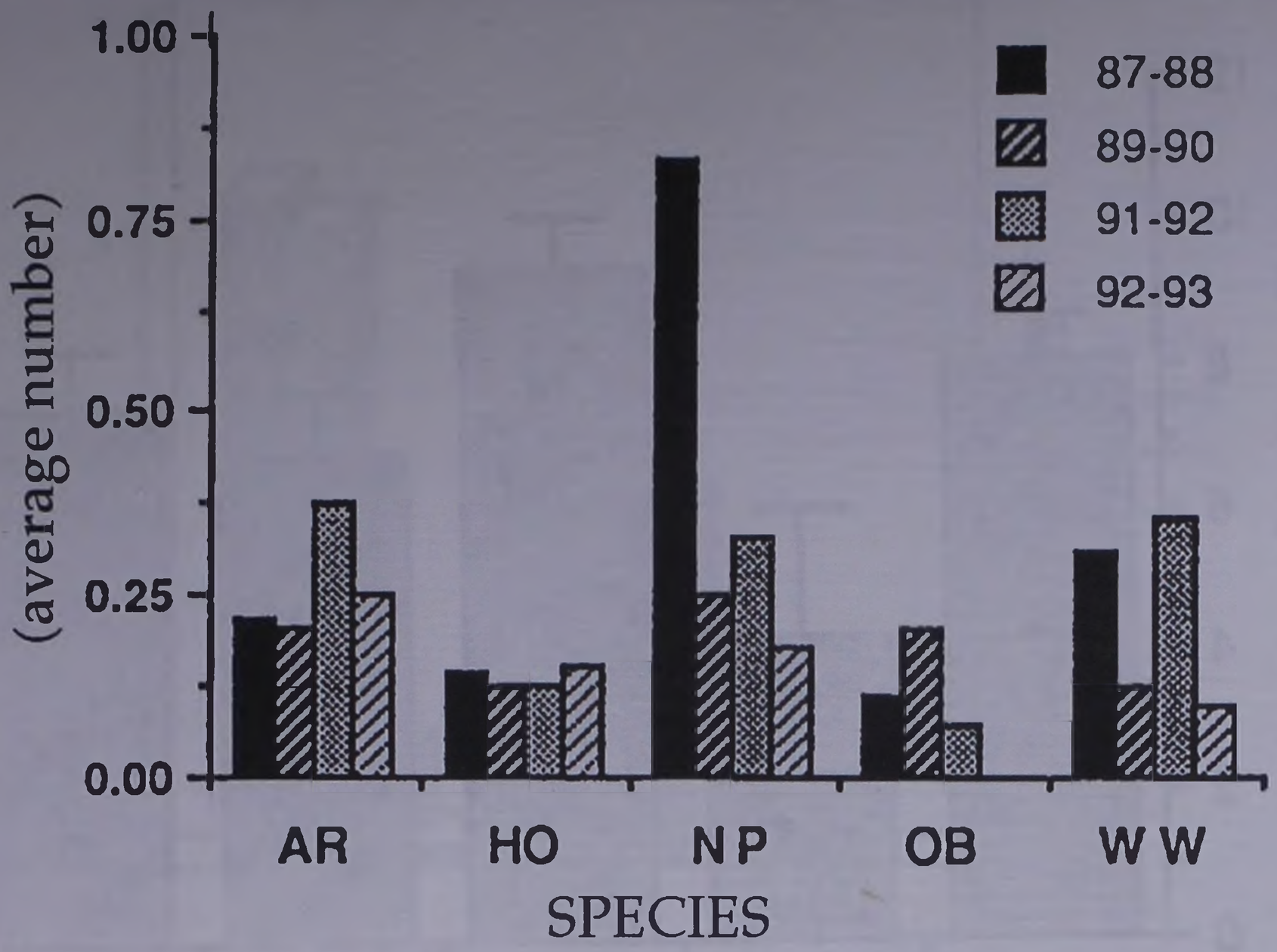


Figure 1. *-Abundance of five species of winter-resident warblers on St. John, U.S. Virgin Islands. Average number of individuals per survey point in moist forest (n=40) for the following species: American redstart (AR), hooded warbler (HO), northern parula (NP), ovenbird (OB), and black-and-white warbler (WW).*

the black-and-white warbler. Except for the black-and-white warbler, however, all warbler species appeared to feed primarily on leaf insects. Even species that typically use aerial maneuvers, such as American redstart and hooded warbler (*Wilsonia citrina*), tend to forage in foliage, catching insects that they have flushed from leaves or hovering in order to snatch insects from leaf surfaces. Therefore, insects on leaf surfaces and those escaping from leaves, rather than free-flying insects in the open air, are the likely prey of winter-resident warblers on St. John.

Most of the common species of warblers primarily foraged between 6 and 12 m above the ground (fig. 2). The exception was the hooded warbler, which we primarily observed in the understory. This indicates that the prey of most species can only be assessed with leaf samples from the forest canopy.

We were able to calculate attack rates (number of foraging maneuvers/minute) for 52 individual warblers. These rates can be used as an indirect indication of prey availability for comparisons with other sites or with conditions on St. John in the future.

PREY AVAILABILITY

We used a modified version of the visual leaf sampling method developed by Holmes *et al.* (1986). At each site we sampled insects along 20 transects separated by 25 m. At each transect we inspected the upper and lower surfaces of all leaves in a line at breast height during a 2-minute period.

We surveyed six sites in moist forest and three sites in dry woodland. We also completed a preliminary test of a technique for sampling

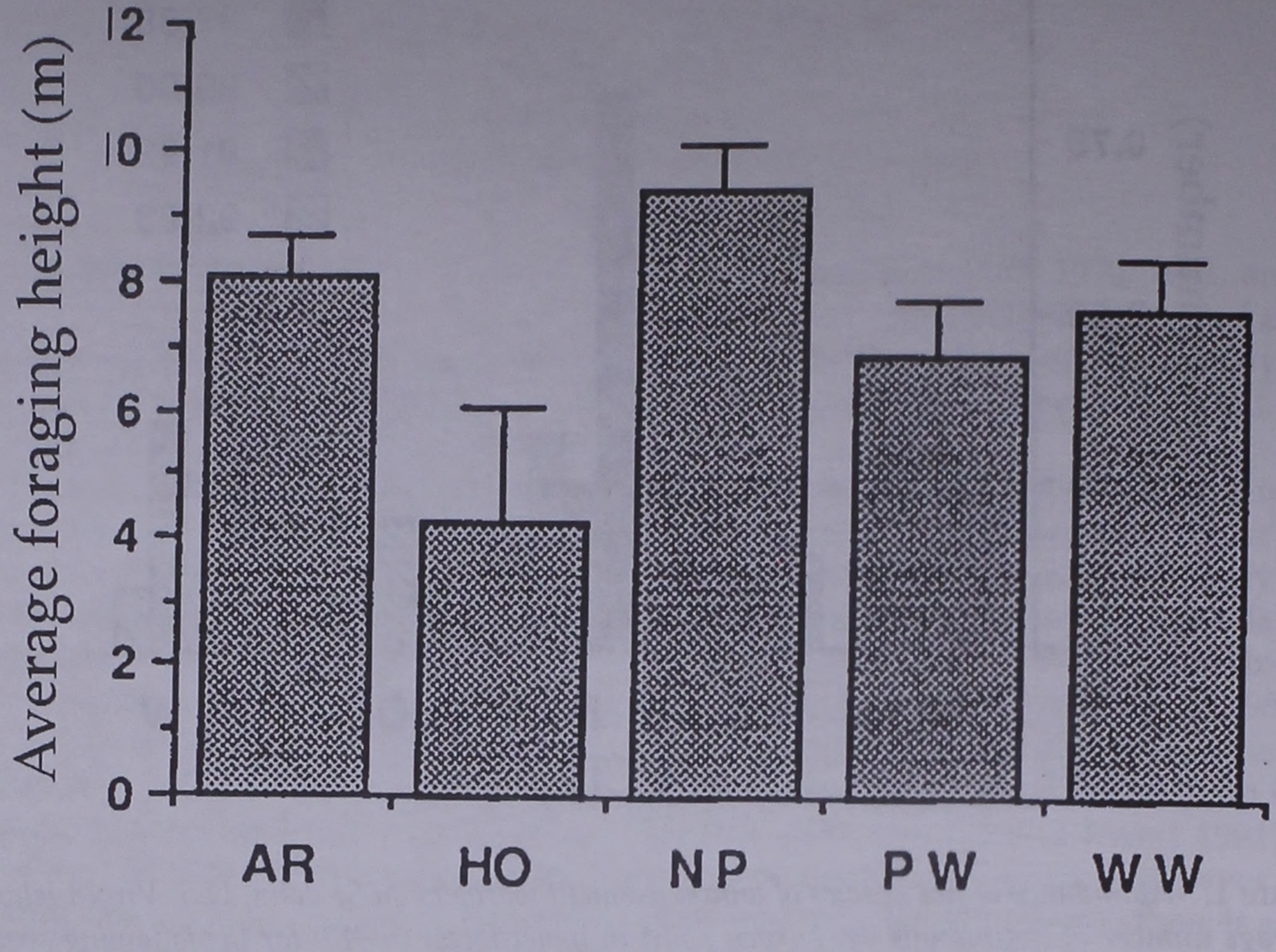


Figure 2. *-Average foraging heights for the five species of warblers most frequently observed in a preliminary study: American redstart (AR), hooded warbler (HO), northern parula (NP), prairie warbler (PW), and black-and-white warbler (WW). Sample sizes are as follows: American redstart - 30, hooded warbler - 6, northern Parula - 33, prairie warbler - 10, black-and-white warbler - 23. Error bars indicate standard errors.*

leaf insects in the forest canopy. An insect net with extension poles was raised into the canopy and placed over a branch, and the branch was cut at the base using pole clippers to collect a sample of leaves. In addition, we used a 2-m high Malaise trap to intercept and capture flying insects. The trap was set for 24 hours at each of seven sites, four in moist forest and three in dry woodland.

Leaf insect surveys in the shrub layer indicate that the abundance of insects and other invertebrates was higher in moist forest than in dry woodland (fig. 3). In contrast, Malaise traps indicate that flying insects are more abundant in dry woodland than in moist forest. Based on our preliminary analysis of foraging behavior, Malaise traps do not catch the types of insects that are the primary prey of winter-resident warblers on St. John. Moreover, Malaise traps catch more insects in dry woodland, where warbler densities are low, rather than in moist forests, where warblers are more abundant. In the next phase of this study, we therefore plan to assess prey abundance by sampling leaf insects in both the shrub layer and the canopy rather than by using Malaise traps. Our results will be useful for assessing changes in prey availability on St. John, and for comparing prey availability in different habitats and on different islands.

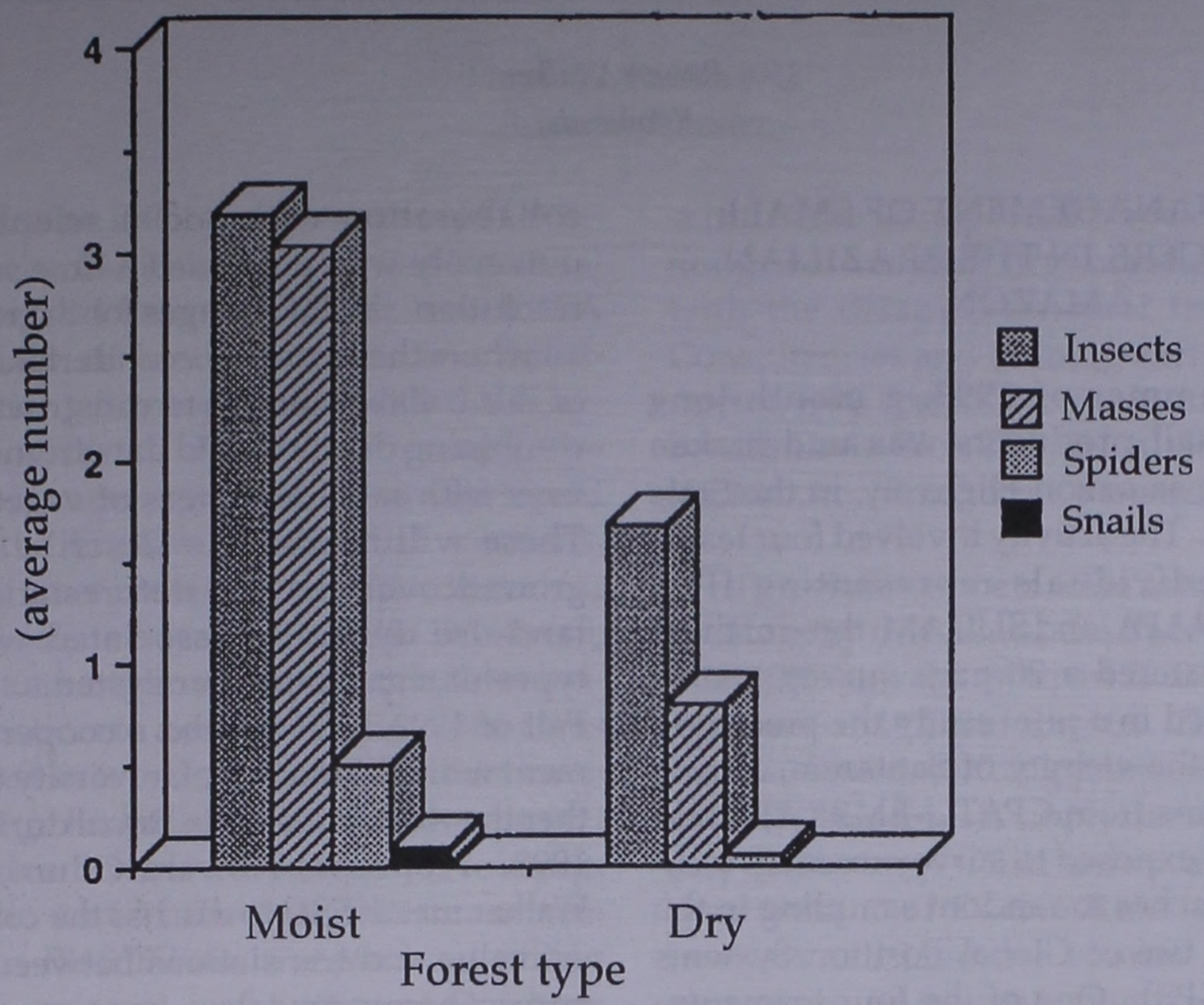


Figure 3. -*Average number of individuals (for insects, spiders, and snails) or masses of individuals (aggregations of eggs or tiny insects such as aphids or mealy bugs). Average are for six transects in moist forest (moist) and three transects in dry woodland (dry) that were surveyed in a preliminary study.*

LITERATURE CITED

Askins, R.A. and D.N. Ewert. 1991. Impact of Hurricane Hugo on bird populations on St. John, U.S. Virgin Islands. Biotropica 23:481-487.

Askins, R.A., D.N. Ewert, and R.L. Norton. 1992. Abundance of wintering migrants in fragmented and continuous forests in the U.S. Virgin Islands. Pages 197-206 *in* J.M. Hagan, and D.W. Johnston, editors. Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

Ewert, D.N. and R.A. Askins. 1991. Flocking behavior of migratory warblers in winter in the Virgin Islands. Condor 93:864-868.

Holmes, R.T., T.W. Sherry, and F.W. Sturges. 1986. Bird community dynamics in a temperate deciduous forest: long-term trends at Hubbard Brook. Ecological Monographs 56:201-220.

Hutto, R.L., S.M. Pletschet, and P. Hendricks. 1986. A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. Auk 103:593-602.

Remsen, J.V., Jr. and S.K. Robinson. 1990. A classification scheme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats. Studies in Avian Biology 13:144-160.

Robert Walker
Economist

LAND MANAGEMENT OF SMALL PRODUCERS IN THE BRAZILIAN AMAZON

In the summer of 1993, a month-long survey of small producers was undertaken along the Transamazon Highway, in the State of Para, Brazil. The activity involved four teams with nine individuals representing IITF, CPATU-EMBRAPA, and SUDAM; three of these teams administered a 20-page survey instrument developed in a pilot study the preceding November in the vicinity of Santarem, during which Brazilians from CPATU-EMBRAPA and SUDAM were exposed to survey research techniques, approaches to random sampling in the field, and the use of Global Position Systems technology (GPS). One of the four teams undertook detailed mappings of farming systems on a subsample of farms using both stationary and mobile GPS units. The intent of the survey was to gather information on socio-economic conditions, demography, farming technology, and cropping patterns at farm level in the interests of developing an information base for the formulation of resource management policy. The activity successfully gathered 133 survey responses from a 300-kilometer segment of highway between Altamira and Ruropolis. Analysis from the pilot study led to two publications in 1993 (Homma *et al.* 1993 and Walker *et al.* 1993).

In the fall of 1993, a technician from IITF visited Indiana University to begin collaboration with social scientists at that university who possessed a time series of high resolution, satellite images for the region of Brazil where the survey was undertaken. The goal of this collaboration is to construct a data base combining detailed field data from ground surveys with satellite images of vegetative cover. These will be used to describe patterns of groundcover change, deforestation, and the land-use dynamics associated with various types of small producer systems. Also in the Fall of 1993, IITF entered a cooperative agreement with Florida State University (FSU) to further the work initiated in Brazil during 1992 and 1993. Professors Howard Odum and Robert Walker met at FSU to discuss the concept of forest value and translations between ecosystem and economic models.

LITERATURE CITED

Homma, A., R.T. Walker, F.N. Scatena, A. de Conto, R. Carvalho, A. da Rocha, C. Ferreira, and A. dos Santos. 1993. A dinamica dos desmatamentos e das queimadas na Amazonia: Uma analise microeconômica. Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. 31(2):663-676.

Walker, R.T., A. Homma, F.N. Scatena, A. de Conto, R. Carvalho, A. da Rocha, C. Ferreira, and A. dos Santos. 1993. Sustainable farm management in the amazon piedmont. Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. 31(2:)706-720.

INTERNATIONAL COOPERATION AND STATE AND PRIVATE FORESTRY

Frank H. Wadsworth
Research Forester

In fiscal year 1993, the International Cooperation unit had a silviculturalist and a general forester assigned to tropical Latin America. A small portfolio of funded projects was developed. Working in cooperation with the International Society of Tropical Foresters, the organization's newsletter was expanded to add French to the English and Spanish versions. Some funds were provided to support travel for foreign officials to key meetings. In Dominica, the design and application of sustainable silvicultural practices to a demonstration forest was administered in cooperation with a community group, *Cottage Forest Industries*. Another project in Dominica involved forestry training. Towards the end of the year, assistance was provided to Plan Piloto, a communal timber production program in the State of Quintana Roo, Mexico.

Technical assistance was offered to associations of woodworkers concerned with certification of imported woods and numerous nongovernmental organizations concerned with the disappearance of tropical forests. Consultancies and training exercises were conducted with special groups in Antigua, Bolivia, Brazil, Costa Rica, Dominica, Grenada, Malaysia, Mexico, Montserrat, Panamá, and Trinidad.

Two staff members were assigned tasks with the forestry division of the Puerto Rico Department of Natural Resources to assist in the management of 14 State forests. They are preparing bulletins describing points of interest about each of these forests emphasizing land-use history and botany. Other technical support to the government of Puerto Rico is in legislative analysis and land-use counsel. Assistance is also provided to local nongovernmental organizations such as the PR Conservation Trust, the Boy Scouts of America, the National History Society of Puerto Rico and the Puerto Rico Conservation Foundation.

PARROT RESEARCH

J. Michael Meyers
Research Wildlife Biologist
National Biological Survey

Marking, Capturing, and Radiotelemetry Techniques for Parrots

Radio collar and transmitters designed for parrots were successful. Parrots were radio-tracked for an average of 44.3 weeks. Radios operated 8 to 9 weeks longer than predicted. Marking techniques were also successful but need further development.

All colored leg bands remained undamaged for up to 660 days. New composite leg-bands are being developed for marking parrots. More than 2,697 locations and habitat data were collected for 17 marked exotic parrots at two study sites in western and southern Puerto Rico. All locations have been digitized using Global Position Systems. Random site data for parrot habitat was also collected at 1,563 locations. Quantitative foraging data were collected for marked parrots for a total of 32 hours.

At a third study site in northeastern Puerto Rico, 135 wing-tagged parakeets are surveyed twice a month for survival data (by colored tags) and population size. More than 60 percent of the marked parakeets have been resighted (average of 25 marked individuals/survey). Six parakeets were radio-marked to locate roosting sites. Also, an additional 79 parakeets were leg-banded only to determine the effects of wing-tags on parakeet survival and to determine hatching-year productivity.

Activity and Habitat of Breeding and Nonbreeding Puerto Rican Parrots

Effects of Hurricane Hugo were tested by analyzing existing habitat and tree damage data in parrot nesting areas. Because of this analysis, additional habitat data were determined to be needed for predicting potential parrot habitat. These data will be collected in 1994.

Preliminary Plans for Research on Release of Captive-Reared Parrots

Preliminary contacts and collaboration began for the release of captive-reared parrots in the Dominican Republic with a university professor in the Dominican Republic, USDA Forest Service IITF research wildlife biologist, and the Puerto Rican Department of Natural Environmental Resources. Cage material was purchased for building flight cages for captive-reared parrots at Rio Abajo Aviary. Research on release of captive-reared parrots will begin in 1994 with construction of flight cages and preliminary field work for release sites in the Dominican Republic.

Executive Summary of Results and Conclusions

Parrot -and parakeet- capture techniques developed in previous years continued to be very successful. An Amazona parrot was captured in an average of 26 to 42 net-hours (total nets x hours operated). Parakeet capture rates were from 5 to 15/net hours. Markers developed for parrots were suitable for studies of less than 300 individuals. Patagial markers or USDI Fish and Wildlife Service aluminum bands are not suitable for marking Puerto Rican parrots; USFWS aluminum bands should not be used on parrots as recommended in the Bird Banding Manual. Further development of a longer lasting color marker with more combinations (up to four bands per individual) may be needed and is being developed. A radio telemetry collar was successfully developed for tracking parrots (including the Puerto Rican parrot) for an average of 45 weeks. This collar will be

used for research on releases of captive-reared Hispaniolan parrots. Habitat data indicated that parrot nesting sites are quite different from parrot activity sites nearby. Further data should be collected in enhanced (managed) parrot nesting sites to determine if these sites are potential nesting areas (47 enhanced sites). Abandonment of those sites (of the 47) that are not potential nesting areas will save valuable time and avoid the waste of money on ineffective management practices. These resources can then be put into enhancing nesting sites that are similar to habitat found at actual nesting sites.

LITERATURE CITED

Brock, M.K. and B.N. White. 1993. Application of DNA fingerprinting to the recovery program of the endangered Puerto Rican parrot. Proc. Nat. Acad. Sci. 89:1121-1125.

Brock, M.K. and B.N. White. 1993. The Puerto Rican Parrot: genetic assessment of the captive breeding program. afa Watchbird 20(6):58-63.

Meyers, J.M. and K.L. Pardieck. 1993. Evaluation of the mist-net systems for sampling birds. J. Field Ornith. 64:270-277.

CHEMISTRY LABORATORY

Mary Jeane Sánchez
Chemist

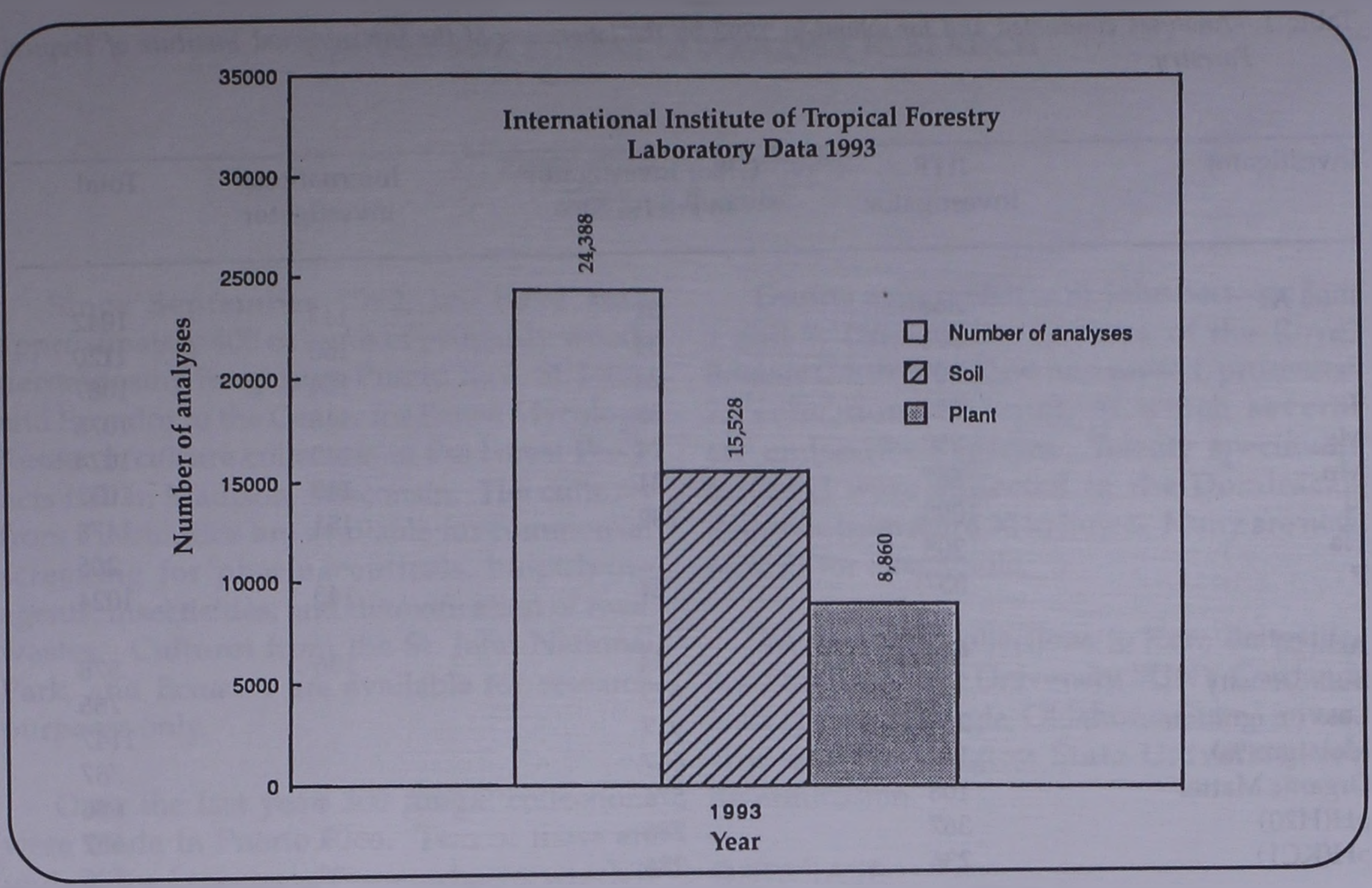
The laboratory at the International Institute of Tropical Forestry consists of three chemists and a part-time student. This laboratory has the capacity to analyze total nutrients and trace elements in soils and vegetation. Some of the analyses done routinely are: aluminum, calcium, phosphorous, iron, magnesium, manganese, organic material, nitrogen, and potassium. Also analyzed, but with less frequency, are microelements such as cobalt, copper, chromium, nickel, and sodium.

This year the lab made 24,388 analyses for 17 projects. Of these 17, two were done for international projects in Argentina and Venezuela and eight others for collaborators.

Different from last year, 64 percent of the analyses were soil tests; vegetable material analyses made up 35 percent of the tests. The laboratory continues to expand and we soon hope to have the capacity for doing complete analyses of air and water samples.

Report Analysis-Plant 1993

Investigator									
N	54	204	297	211	23	145	24	6	964
P	22	164	422	211	24	143			986
K	22	196	424	213	35	148			1038
Ca	37	201	425	216	34	160			1073
Mg	22	164	422	211	24	143			986
Fel	22	164	464	211	24	154			1039
Mn	22	164	422	211	31	143			993
Al	22	164	427	211	31	143			998
Na			205						205
Ni									
Co									
Cr									
Cu									
Zn									
B									
Mo									
%Ash	53	185		182	22	136		578	
Total	276	1811	3303	1877	248	1315	24	6	8860


International Institute of Tropical Forestry
Laboratory Data 1993
Number of analyses
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
24,388
15,528
8,860
Number of analyses
Soil
Plant
1993
Year

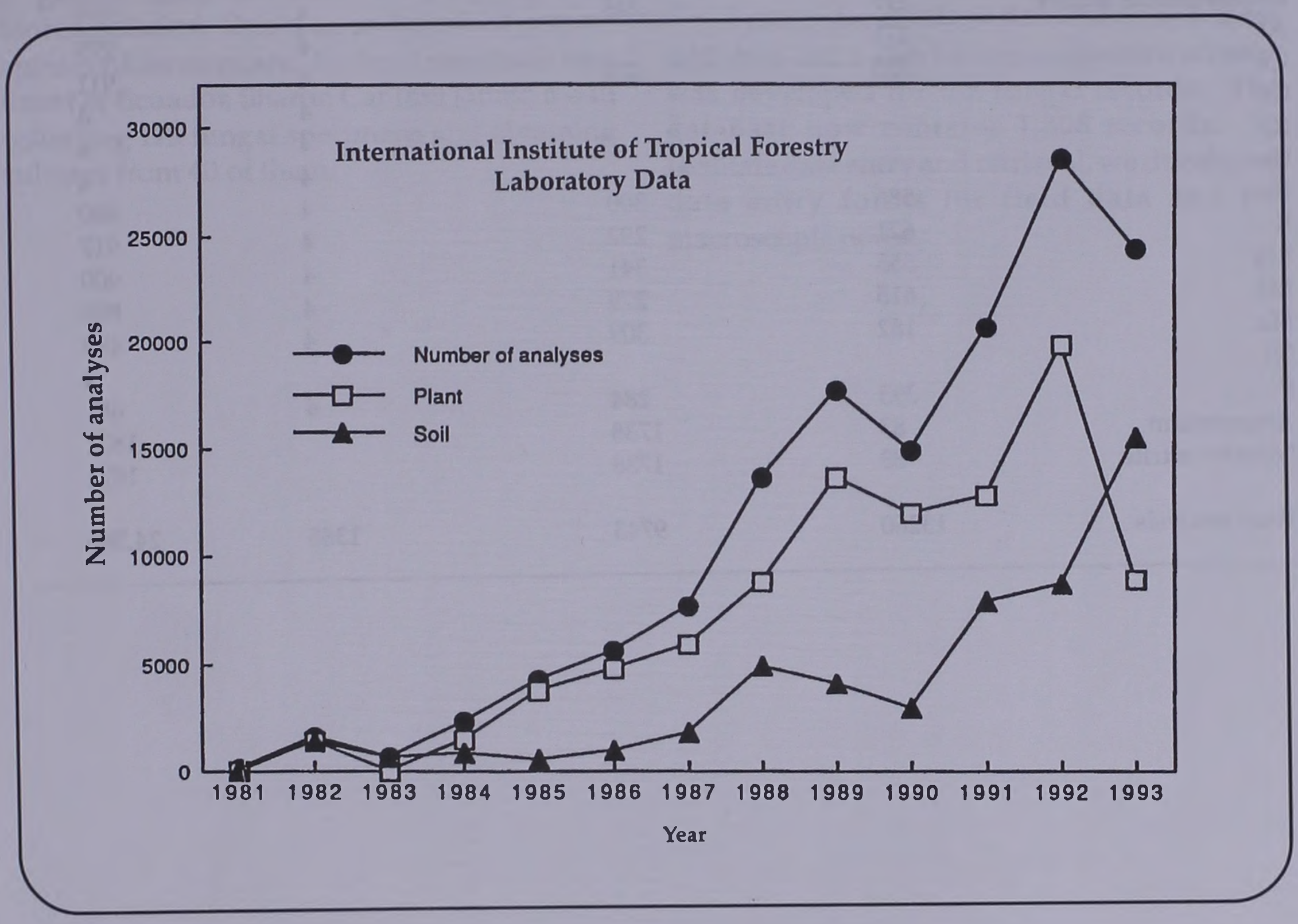

International Institute of Tropical Forestry
Laboratory Data
Number of analyses
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
Number of analyses
Plant
Soil
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
Year

Table 1. -*Analyses conducted and for whom in 1992 by the laboratory of the International Institute of Tropical Forestry.*

Investigator	IITF investigator	Other investigator in Puerto Rico	International investigator	Total
Total A1	868	31	143	1042
Ca	926	34	160	1120
Fe	909	24	154	1087
K	893	35	148	1076
Mg	857	24	143	1024
Mn	857	31	143	1031
N	1095	232	151	1478
Na	205			205
P	857	24	143	1024
Ash(%)	420	22	136	578
Bulk Density	93	673		766
Loss on ignition	230	917		1147
Moisture(%)	140	647		787
Organic Matter	108	574	4	686
pH(H20)	367	286	4	657
pH(KC1)	236	286	4	526
Exchangeable acidity	277	248	4	529
Al	271		4	275
Ca	533	374	4	911
Co			4	4
Cr			4	4
Cu			4	4
Fe	586	300	4	890
K	621	292	4	917
Mg	555	341	4	900
Mn	615	279	4	898
Na	182	309	4	495
Ni				4
P	393	284	4	681
Ammonium	83	1738		1821
Nitrate+nitrite	83	1738		1821
Total analysis	13260	9743	1385	24,388

CENTER FOR FOREST MYCOLOGY RESEARCH

D.J. Lodge
Forest Products Laboratory
Research Botanist

Since September 1992, we have sent approximately 400 cultures of primarily wood-decomposing fungi from Puerto Rico, St. John, and Ecuador to the Center for Forest Mycology Research culture collection at the Forest Products Lab in Madison, Wisconsin. The cultures from Puerto Rico are available for commercial screening for pharmaceuticals, biopulping agents, insecticides, and detoxification of toxic wastes. Cultures from the St. John National Park, and Ecuador are available for research purposes only.

Over the last year, 300 fungal collections were made in Puerto Rico. Two of these are undescribed species of Planerochaete, which is a genus used in both biopulping and bioremediation. One is an undescribed genus / species of ascomycete. In the Amazonian rain forest of Ecuador, Sharon Cantrell joined me in collecting 175 fungal specimens and obtaining cultures from 40 of them.

During a short visit to St. John between Jan. 5 and 7, Dr. Thomas Laessoe of the Royal Botanic Gardens in Kew, and myself, processed 72 collections of fungi, of which several are undescribed species. Twenty specimens of fungi were collected in the Dominican Republic from April 30 to June 5. Many are new records for Hispaniola.

We also sent collections to Kew, Beltsville, San Francisco State University, SUNY-Cortland, University of Georgia, Oklahoma State University, and Washington State University for determination.

DATABASE

A computer database (Greatworks) was established and a database management scheme was developed for the fungal records. The database now contains 1,308 records. To facilitate data entry and retrieval, we developed data entry forms for field data and for macroscopic notes.

Table 1. *-Activities which International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participated during FY 1992-93.*

Commonwealth of Puerto Rico	National	International
-Presented seminar on "Winter Distribution and Future Prospects for Neotropical Terrestrial Migrants in the Caribbean" to the Board of Directors, National Fish & Wildlife Foundation meeting in Mayaguez, Puerto Rico. -Lectured on "Productivity and Nutrient Dynamics in Short-Rotation Tropical Hardwood Plantations" at Conferencia Sobre Investigación en Dasonomía Tropical, University of Puerto Rico, Agriculture Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico, May 5, 1993. -Lectured on "Forest Ecology and Development in the Brazilian Amazon", University of Puerto Rico High School, Río Piedras, Puerto Rico, May 10, 1993. -Lectured on "The Role of Forestry in the Rehabilitation of Degraded Tropical Landscapes", University of Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico, Tropical Forest Resources, September 20, 1993. -Cooperative activities have been initiated with Puerto Rico's Conservation Trust to	-Presented seminar on "Effects of Hurricane on Caribbean Bird Populations" held in Connecticut College, New London, Connecticut. -Presented paper on "Winter Distribution and Future Prospects for Neotropical Terrestrial Migrants in the Caribbean" at the joint meeting of the Association of Field Ornithologists and American Birding Association held in Connecticut College, New London, Connecticut. -Began collaboration with social scientists at the University of Indiana possessing a time series of high resolution, satellite images for the region in Para, Brazil, where a survey of small producers was done. -Initiated a cooperative agreement with Florida State University (FSU) to further the work initiated in Brazil during 1992 and 1993. -Reviewed articles for the following journals: Auk, Condor, and Caribbean Journal of Science.	-Sponsored the International Symposium on Tropical Montane Cloud Forests, with the East-West Center of Hawaii, held in conjunction with the 30th Anniversary of the Association of Tropical Biologists. -A month-long survey of small producers was undertaken along the Transamazon Highway, State of Para, Brazil. -Course coordinator and principle tutor of the "Caribbean Forest Ecology and Conservation Education Training Workshop" sponsored by the International Council for Bird Preservation and USDA Forest Service, held in Discovery Bay, Jamaica, 23 November to 11 December 1992. -Comoderated the presentation on "Avian Conservation Issues in the Caribbean and Writing Competitive Grants to Resolve These Issues" at Society of Caribbean Ornithology Meeting, Playa Giron, Cuba, August 1993. -Reviewed research/conservation proposals: Birdlife International, National Fish and Wildlife Foundation, National Science

Table 1. *-Activities which International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participated during FY 1992-93 (Continued).*

Commonwealth of Puerto Rico	National	International
develop a management plan for its 175-ha lighthouse property (El Faro) in the northeastern part of the island. -Collaborated with USDI National Park Service personnel to formulate a long-term inventory and monitoring proposal for the Virgin Islands National Park. -Lectured to science teachers at the University of Puerto Rico. -Lectured at the town of Guánica, Puerto Rico. -Lectured to students of St. John's High School, San Juan, Puerto Rico. -Lectured to the Natural History Society of Puerto Rico. -Lectured at the Department of Natural Resources of Puerto Rico. -Lectured to conservation groups in Luquillo, Puerto Rico.	-Lectured at Louisiana State University, Baton Rouge. -Lectured at Southwestern Louisiana University, Lafayette. -Lectured at the University of California. -Lectured at the Shelby Arboretum, Sarasota, Florida. -Key note at the Annual Meeting of the Restoration Ecology Society. -Lectured at the University of Montana, Missoula. -Presented several papers at the American Institute of Biological Sciences meeting in San Antonio, Texas.	Foundation, United Nations Environmental Program, Island Resources Foundation, and Wildlife Department of the Dominican Republic. -Initiated a new project on neotropical migratory birds. -Lectured on "Rehabilitation of Degraded Coastal Lands in Puerto Rico," held in Lucknow, India, January 5, 1993. -Lectured on "Restoration of Soil Fertility and Floristic Diversity through Forest Plantations," held in New Delhi, India, January 21, 1993. -Lectured on "Ecosystem Rehabilitation through Plantation Forestry in Puerto Rico" at Madhya Pradesh State Forest Research Institute, Jabalpur, India, February 1, 1993. -Lectured on "Fine Root Dynamics in Two Tropical Montane Forest Ecosystems in Puerto Rico Following Hurricane Disturbance," for the Workshop on Resource Limitations to Primary Productivity in

Table 1. *-Activities which International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participated during FY 1992-93 (Continued).*

Commonwealth of Puerto Rico	National	International
		Tropical Ecosystems held in Guánica, Puerto Rico, September 4 to 6, 1993. -The "Wallings Reservoir Nature Trails" project was initiated to protect and use the Wallings Reservoir site in southern Antigua. -A cooperative project entitled "Conservation and Demonstration in Grenada" was initiated with the Forestry Division of the Ministry of Agriculture, the Peace Corps, and the IITF. -Two cooperative projects were initiated with Montserrat's Forestry Division. The first entails reforestation on three government estates; the second will provide a management plan for the "Galways Nature Trail" in the southern part of the island. -Initiated a wildlife training/monitoring program for the Tapajos National Forest in Brazil. -Completed field work for a photo-illustrated field guide to the common and

Table 1. -*Activities which International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participated during FY 1992-93 (Continued).*

Commonwealth of Puerto Rico	National	International
-Lectured to students of Barranquitas High School, Barranquitas, Puerto Rico. -Lectured to the Campers Association of Puerto Rico. -Lectured to Tri-Beta, Puerto Rico chapter. -Lectured at the Island Ecology Symposium.		commercially valuable trees of the Tapajós National Forest. -Introduced the translation of the International Society of Tropical Foresters Newsletter into French. -Sponsored a 1-week training course bringing together veteran forest administrators from tropical Latin America to present and evaluate components of a prospective training course on regional forest management. -Consulted on development of techniques to secure sustainability of forest operations by the Proyecto Forestal de la Zona Maya (Plan Piloto) operated by a consortium of 16 communes in the State of Quintana Roo, Mexico. -Held 8 days of training of visiting foresters from Malaysia, Bolivia, Costa Rica, Trinidad, and Panama. -Sponsored a 4-day symposium/workshop on "Rehabilitation and Management of Degraded Lands in Amazonia."

Table 1. -*Activities which International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participated during FY 1992-93 (Continued).*

Commonwealth of Puerto Rico	National	International
		-The IITF Internship Program hosted 10 visitors from Brazil, Argentina, Colombia, Venezuela, and Costa Rica. Their stays varied from 3 to 6 months. -Lectured at the University of the Amazon. -Lectured at the Beijer Institute in Sweden. -Lectured at the Dominican Republic.

Table 2. -*Committees or delegations having International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participation.*

Commonwealth of Puerto Rico Groups	National Groups	International Groups
-Graduate student committees, University of Puerto Rico, Mayaguez (2 Ph.D. Students) and Río Piedras (2 M.S. students, 2 Ph.D. students).	-Council Member for the Association of Field Ornithologists.	-Member of Board of Directors, Pan American section of the International Council for Bird Preservation.
-Editorial Board, Caribbean Journal of Science, "Acta Científica."	-Agriculture and Environment Committee of the National Research Council of the National Academy of Sciences.	-Vice President, Society for Caribbean Ornithology.
-Member of Puerto Rican Parrot Technical Advisory Committee.	-Long-Term Ecological Research network.	-Latin America Forestry Commission Research Committee.
-Puerto Rico Conservation Foundation.	-Visiting Committee of Harvard.	-Chairman of IUFRO Working Party P1.17-03: "Rehabilitation of Degraded and Secondary Tropical Forests."
-University of Puerto Rico advisory committee of the Minority Research Center for Excellence.	-Yale School of Forestry advisory committee.	-Graduate committee of the Free University in Holland.
-Judging committee for the University of Puerto Rico High School science fairs.	-Served on graduate student committee, University of Vermont (1 M.S. student).	-Participated in Caribbean Water Quality Workshop Committee.
	-Graduate committee of State University of New York.	-Participated in Smithsonian Institute Workshop on Neo-Tropical Forest Research Committee.
	-Board of the Society for Ecological Restoration.	-Served as editor of the "Tropical Geomorphology Newsletter."
	-Science Advisory Panel for the Center of Microbial Ecology at Michigan State University.	-Co-Convenor of the Biosphere-Atmosphere Trace Gas Exchange in the Tropics

Table 2. -*Committees or delegations having International Institute of Tropical Forestry (IITF) staff participation (Continued).*

Commonwealth of Puerto Rico Groups	National Groups	International Groups
		(BATGE) activity of the International Global Atmospheric Chemistry Program (IGAC). -Member of the International Geosphere-Biosphere Program (IGBP) Coordination Committee for Biosphere-Atmosphere Hydrologic Cycling (BAHC), International Global Atmospheric Chemistry Program (IGAC), Global Change in Terrestrial Ecosystems (GCTE). -Editorial Board - "Journal of the Litoral," "Journal of Sustainable Forestry," "Restoration Ecology," "Forest Ecology and Management."

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry.*

Abrahams, Mary
Beaverton, Oregon

Agosto, Linda
Autoridad de Energía Eléctrica
San Juan, Puerto Rico

Almundo, Awilda
Puerto Nuevo, Puerto Rico

Alrl, Herbert
Humacao, Puerto Rico

Alvarez, Javier
Arecibo, Puerto Rico

Andrus, Sheila
USDA Forest Service Research
Washington, DC

Aponte, J.
Río Piedras, Puerto Rico

Aponte, Jessika
Bayamón, Puerto Rico

Aponte, María
Hato Rey, Puerto Rico

Aponte, Norma
Trujillo Alto, Puerto Rico

Arocho, Aníbal
Departamento de Horticultura
Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Mayagüez, Puerto Rico

Arriaga, Georgie
Río Piedras, Puerto Rico

Ayala, Deborah
Escuela Luz América Calderón
Carolina, Puerto Rico

Badillo, Luis M.
Levittown, Puerto Rico

Betancourt, María L.
Rio Grande, Puerto Rico

Bauzo, Jesús
Bayamón, Puerto Rico

Benítez, María I.
Río Piedras, Puerto Rico

Berrios, Jeannette
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Biaggi, Hernán
Río Piedras, Puerto Rico

Brown, Bryan
Tucson, Arizona

Burgos, Tannya
Advertising Dynamic Group
Levittown, Puerto Rico

Calderón, María
Río Grande, Puerto Rico

Calo, Freddie
Canóvanas, Puerto Rico

Calverliert, Edward
Guaynabo, Puerto Rico

Camacho, Yolanda
Yauco, Puerto Rico

Canino, José A.
Luquillo, Puerto Rico

Cao, Ramón
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Carrasquillo, Edwin
Guaynabo, Puerto Rico

Carrión, Miguel A.
San Juan, Puerto Rico

Cartagena, Ziltika
Río Piedras, Puerto Rico

Castellano, Marie
Humacao, Puerto Rico

Cedeno, José A.
Penuelas, Puerto Rico

Chinea, J.D.
Universidad de Puerto Rico
Humacao, Puerto Rico

Cintrón, Sonia I.
Universidad Central de Bayamón
Bayamón, Puerto Rico

Collin, Linda
Priniville, Oregon

Colón, Angel
Río Piedras, Puerto Rico

Colón, José
Carolina, Puerto Rico

Colón, Yadirma
Río Piedras, Puerto Rico

Conde, Lillibert
Pasarell & Asociados
Río Piedras, Puerto Rico

Conrad, Eugene
Institute of Pacific Island Forestry
Honolulu, Hawaii

Coral, Todd
Utah State
Loyal, Utah

Cordero, Roberto
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Cortijo, Keyla
San Juan, Puerto Rico

Cotte, Osvaldo
Servicio Extensión Agrícola
Mayagüez, Puerto Rico

Cotto, Luis
Servicio Extensión Agrícola
San Juan, Puerto Rico

Crespo, Javier
Bayamón, Puerto Rico

Cruz, Aixa
Río Piedras, Puerto Rico

Cruz, Alexis
Río Piedras, Puerto Rico

Cruz, Carmen
Río Piedras, Puerto Rico

Cruz, Itfia
San Lorenzo, Puerto Rico

Cruz, Lizette
San Juan, Puerto Rico

Cruz, Quetsy
Isabela, Puerto Rico

Cruz, Rafael
Río Piedras, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Cuadrado, María
Río Piedras, Puerto Rico

Culnde, Carmelo
Carolina, Puerto Rico

Curtis, Anthony
Madeira Beach, Florida

D'León, Ricardo
Canóvanas, Puerto Rico

Dalmau, Carlos
Bayamón, Puerto Rico

Dávila, David
Río Piedras, Puerto Rico

De Almeida, Rionaldo
Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
E des Recursos Renovais
Santanen, Brazil

De Corrul, Luis
Guaynabo, Puerto Rico

De Jesús, Elizabeth
Bayamón, Puerto Rico

De Jesús, Ivonne
Bayamón, Puerto Rico

De la Cruz, Juan
Río Piedras, Puerto Rico

De León, Omar
Bayamón, Puerto Rico

Dederer, Fritz
Santurce, Puerto Rico

Del Valle, Migdalia
Departamento de Recursos Naturales
San Juan, Puerto Rico

Delgado, Lisandra
Río Piedras, Puerto Rico

Delgado, Luis Raúl
Río Piedras, Puerto Rico

Delgado, Mayra
Río Piedras, Puerto Rico

Díaz, Adermin
Río Piedras, Puerto Rico

Díaz, Carlos
Luquillo, Puerto Rico

Díaz, Diego J.
Caguas, Puerto Rico

Díaz, Edwin
Servicio Extensión Agrícola
San Lorenzo, Puerto Rico

Díaz, Francisca
Asuntos Legales
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Díaz, Ivonne
Columbus, Ohio

Díaz, Maridelie
Río Piedras, Puerto Rico

Díaz, Moisés
Naguabo, Puerto Rico

Dickson, Mathew
Florida State University
Department of Biological Science
Tallahasee, Florida

Dorado, Alcides
Fideicomiso Parques Nacionales
Hato Rey, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Duarte, Nereida
Carolina, Puerto Rico

Dunn, Paul
Forest Insect and Disease Research
Washington, DC

Eduardo, Felipe
San Juan, Puerto Rico

Eliasson, Marybeth
USDA Forest Service
Southern Project Unit
Huntsville, Alabama

Estrada, Damaris
Patillas, Puerto Rico

Feliciano, Marie
Aguada, Puerto Rico

Feliu, Rosally
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Fernández, Angel V.
Río Piedras, Puerto Rico

Fernández, Luz Marina
Escuela Luz América Calderón
Carolina, Puerto Rico

Ferraz, Joao
Instituto Nacional de Pesquisas Da Amazonia
Departamento de Silvicultura Tropical
Manaus, Amazonia, Brazil

Fields, Jeneen
USDA Forest Service
Southern Forest Experiment Station
Alabama A & E University
Huntsville, Alabama

Figueroa, Eduardo
Guaynabo, Puerto Rico

Figueroa, Elvia
Río Piedras, Puerto Rico

Figueroa, Manuel
Trujillo Alto, Puerto Rico

Figueroa, Raymond
Carolina, Puerto Rico

Figueroa, Wanda
Río Piedras, Puerto Rico

Fish, Lisa
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Forbes, Sylvia
Fayette, Missouri

Foster, Sam
USDA Forest Service
Southern Forest Experiment Station
Huntsville, Alabama

Frome, Anne
Universidad Interamericana
Cupey, Puerto Rico

Frontado, Ilsa M.
Río Piedras, Puerto Rico

Galarza, Brenda Liz
Río Piedras, Puerto Rico

Galarza, Rocío
Río Piedras, Puerto Rico

García, Edda
Río Piedras, Puerto Rico

García, José
Departamento de Recursos Naturales
Cabo Rojo, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

García, José
Departamento de Recursos Naturales
Ponce, Puerto Rico

García, María E.
Río Piedras, Puerto Rico

García, Miguel A.
San Juan, Puerto Rico

García, Sharon
Humacao, Puerto Rico

Gaspar, Lucy
Río Piedras, Puerto Rico

Gaztambide, Carlos E.
Hato Rey, Puerto Rico

Genvais, Gary W.
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Goenaga, Carlos
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagúez
Mayagüez, Puerto Rico

Gómez, Gerardo
Departamento de Recursos Naturales
San Juan, Puerto Rico

Gómez, Harry
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

González, Almarelis
Bayamón, Puerto Rico

González, Avelino
Río Piedras, Puerto Rico

González, Gretchen
Guaynabo, Puerto Rico

González, José L.
Cayey, Puerto Rico

González, Juan
Río Piedras, Puerto Rico

González, Lila M.
Departamento de Recursos Naturales
San Juan, Puerto Rico

Goss, Eric
Río Piedras, Puerto Rico

Goss, Moraima M.
Río Piedras, Puerto Rico

Green, William P.
Syracuse, New York

Guardorrema, Eduardo
Aguas Buenas, Puerto Rico

Guerrero, Simón
Santo Domingo,
República Dominicana

Guevara, Ruth
Humacao, Puerto Rico

Gullison, Ted
Department of Ecology and Evolutionary
Biology
Princeton University
New Jersey

Guzmán, Vilma
Escuela Luz América Calderón
Carolina, Puerto Rico

Hantenau, Julie
New York, New York

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Hazlett, Sue
Dorado, Puerto Rico

Helton, Dean
Treasure Island, Florida

Hemphill, Nina
Department of Biology
University of Louisville
Louisville, Kentucky

Hendiz, María
Trujillo Alto, Puerto Rico

Hernández, Igdel J.
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Hernández, Luis A.
Toa Baja, Puerto Rico

Hernández, Luz C.
Bayamón, Puerto Rico

Hernández, Maribel
Río Piedras, Puerto Rico

Hernández, René
Luquillo, Puerto Rico

Hernández, Teresita
Río Piedras, Puerto Rico

Herrera, Luis
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Hopgood, Norman M.
San Juan, Puerto Rico

Homma, Alfredo
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
Belem, Para, Brazil

Horailtz, April J.
Melville, New York

Iglesias, Frankie N.
Gurabo, Puerto Rico

Iturregui, Luis N.
Río Piedras, Puerto Rico

James, David
Treasure Island, Florida

Jan, Sylvester
Athens, Georgia

Joglar, Rafael L.
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Jones, Susan
Tucson, Arizona

Jorge, Milagros
Río Piedras, Puerto Rico

Justiniano, Milagros
Departamento de Recursos Naturales
Mayagüez, Puerto Rico

Kanashiro, Milton
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
Belem, Para, Brazil

Kwan, A.J.
ESE, Inc.
Gainsville, Florida

Laboy, Eddie N.
Guayama, Puerto Rico

Lanza, Joselyn
Río Piedras, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Lapea, Gonzalo
Carolina, Puerto Rico

Lennartz, Mike
USDA Forest Service
Forest Environment Research
Washington, DC

Leredes, Luis A.
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Lindell, Gary
USDA Forest Service
Forest Products Laboratory
Madison, Wisconsin

Little, Elbert L.
Arlington, Virginia

Llanos, Francisca
San Juan, Puerto Rico

Llanos, Rodolfo
Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
Río Piedras, Puerto Rico

Llanos, Sandra
San Juan, Puerto Rico

Locosie, Paul
ESE, Inc.
Gainsville, Florida

Lopategui, María A.
Santurce, Puerto Rico

López, Erick
Luquillo, Puerto Rico

López, Félix
Cabo Rojo, Puerto Rico

López, Lisa M.
Humacao, Puerto Rico

López, Myrna
División Investigaciones Científicas
Departamento de Recursos Naturales
San Juan, Puerto Rico

Losa, Jessica
Río Piedras, Puerto Rico

Lowery, Jennifer
Nevis, West Indies

Lugo, Lourdes
Guaynabo, Puerto Rico

Luis, Jorge
Río Piedras, Puerto Rico

Maille, Robin L.
USDA Forest Service
International Forestry
Agroforestry-Forestry Support Program
Arlington, Virginia

Malavé, Carlos E.
Río Piedras, Puerto Rico

Maldonado, Jaime
San Juan, Puerto Rico

Marikuan, Daniel
Río Piedras, Puerto Rico

Marrero, María M.
Carolina, Puerto Rico

Martin, Michael
USDA Forest Service
International Forestry Operations
Washington, DC

Martínez, Judith
Caguas, Puerto Rico

Martínez, Liza M.
Río Piedras, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Martínez, Olga
Río Piedras, Puerto Rico

Medina, Lillian
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Meir, Marv
Acting Regional Forester
Region 8
Atlanta, Georgia

Méndez, Diniris
Cabo Rojo, Puerto Rico

Méndez, Gloria A.
Condado, Puerto Rico

Méndez, Joan
Santurce, Puerto Rico

Miranda, Adela
Vega Baja, Puerto Rico

Miranda, Johanna
Río Piedras, Puerto Rico

Monge, Lilliam I.
Río Grande, Puerto Rico

Monserrat, María Luisa
Río Piedras, Puerto Rico

Montalvo, José
Carolina, Puerto Rico

Montes, María
United States Department of Agriculture
Soil Conservation Service
Caguas, Puerto Rico

Morales, Luz E.
Río Piedras, Puerto Rico

Morales, Ricardo J.
Río Piedras, Puerto Rico

Morales, Richard
Carolina, Puerto Rico

Morell, Idalia
Arecibo, Puerto Rico

Moreno, William
Guaynabo, Puerto Rico

Motta, Ivelisse
Río Piedras, Puerto Rico

Mulero, María
Caguas, Puerto Rico

Muñíz, Albert
Center for Energy and Environment Research
San Juan, Puerto Rico

Muñoz, Ivan
Caguas, Puerto Rico

Murray, Emilia E.
Caguas, Puerto Rico

Navarro, Angel
Humacao, Puerto Rico

Nazario, Eduardo
San German, Puerto Rico

Negroni, Maritza
Guaynabo, Puerto Rico

Nieves, Zaida I.
Universidad Central de Bayamón
Bayamón, Puerto Rico

Numes de Silva, Raimundo

Nuñez Carlos
Río Piedras, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Ocasio, Francisca
Río Piedras, Puerto Rico

Ocasio, Lester R.
Santurce, Puerto Rico

Ojeda, Inocencio
Levittown, Puerto Rico

Ortega, Vivian
Trujillo Alto, Puerto Rico

Ortiz, Glorivee
Juncos, Puerto Rico

Otero, Casilda
Hato Rey, Puerto Rico

Oyola, Miguel
Puerto Rico Telephone Company
San Juan, Puerto Rico

Padilla, Daisy V.
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Padilla, David
San Juan, Puerto Rico

Padilla, Ivelisse
Naranjito, Puerto Rico

Pagán, Felipe
Carolina, Puerto Rico

Pagán, Ileana
Río Piedras, Puerto Rico

Pagán, Michelle
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Parfil, Steve
Department of Ecology and Evolutionary Biology
Princeton University
Princeton, New Jersey

Parra, Carolyn
Bayamón, Puerto Rico

Pedrago, Yasmin
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Peña, Jessica
Santurce, Puerto Rico

Peñas, Gladys
Río Piedras, Puerto Rico

Pereies, José D.
Guaynabo, Puerto Rico

Pereira, Beatríz
Caguas, Puerto Rico

Pérez, Elda
Hato Rey, Puerto Rico

Pérez, Glorimel
Levittown, Puerto Rico

Pérez, Migdalia
Juncos, Puerto Rico

Pérez, Ricardo
Río Piedras, Puerto Rico

Pickett, Kim C.
Río Piedras, Puerto Rico

Pomales, Lillian
Rio Piedras, Puerto Rico

Quiñones, Henry
Carolina, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Quiñones, Janisse
Caguas, Puerto Rico

Quintero, Héctor
Caguas, Puerto Rico

Ramírez, Aixa E.
San Juan, Puerto Rico

Ramos, Ilka
Estación Experimental
Universidad de Puerto Rico
San Juan, Puerto Rico

Ramos, Michael
Fajardo, Puerto Rico

Ravey, Edwin B.
Bayamón, Puerto Rico

Reaves, Jim
Alabama A & E University
Huntsville, Alabama

Reyes, Blasina
Río Piedras, Puerto Rico

Reyes, Héctor L.
Iglesia Bautista de Puerto Nuevo
Puerto Nuevo, Puerto Rico

Reyes, José Juan
Escuela Superior Josefina Barceló
Guaynabo, Puerto Rico

Rico, Negny
Dorado, Puerto Rico

Ríos, Angel M.
Universidad Interamericana
Cupey, Puerto Rico

Rivas, Enid
Bonneville School
Cupey Alto, Puerto Rico

Rivera, Alexis
Carolina, Puerto Rico

Rivera, Elga
Hato Rey, Puerto Rico

Rivera, Elsie
Río Piedras, Puerto Rico

Rivera, Félix
Utuado, Puerto Rico

Rivera, Héctor
Guaynabo, Puerto Rico

Rivera, Hipólito
Yabucoa, Puerto Rico

Rivera, Joan
Río Piedras, Puerto Rico

Rivera, José
Guaynabo, Puerto Rico

Rivera, José
Río Piedras, Puerto Rico

Rivera, Lydia
Isla Verde, Puerto Rico

Rivera, Marta
Ponce, Puerto Rico

Rivera, Pascual
Toa Alta, Puerto Rico

Rivera, Roberto
Loíza, Puerto Rico

Robbins, A. Marcus J.
British Development
Division in the Caribbean
Bridgetown, Barbados

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Rodríguez, A.
Estación Experimental Agrícola
Protección de Cultivos
San Juan, Puerto Rico

Rodríguez, Angel Rafael
Bayamón, Puerto Rico

Rodríguez, Doris
Guaynabo, Puerto Rico

Rodríguez, Efraín
Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
Río Piedras, Puerto Rico

Rodríguez, Ileana
Río Piedras, Puerto Rico

Rodríguez, Magda
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Rodríguez, Miguel
Bayamón, Puerto Rico

Rodríguez, Ramón O.
Río Piedras, Puerto Rico

Rohena, Nydia
Carolina, Puerto Rico

Roig, José L.
Programa Graduado del Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Rojo, Vicente
Condado, Puerto Rico

Roldán, Mildred
Servicio Extensión Agrícola
San Juan, Puerto Rico

Romero, J.
Santurce, Puerto Rico

Romero, O.
Santurce, Puerto Rico

Rosado, Jessica
Río Piedras, Puerto Rico

Rosado, Tina L.
Carolina, Puerto Rico

Rosario, Maydee
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Rosario, Yarimar
Carolina, Puerto Rico

Rosen, Howard
Forest Products and Harvesting Research
Washington, DC

Rosso, P.
Juncos, Puerto Rico

Rrzys, Richard J.
Mantua, Ohio

Ruark, Greg
USDA Forest Service
Forest Environment Research
Washington, DC

Ruberte, Pedro Luis
Santurce, Puerto Rico

Ruíz, Carlos
Toa Baja, Puerto Rico

Ruíz, Gerardo
Departamento de Horticultura
Estación Experimental Agrícola
San Juan, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Ruiz, Vilma L.
Escuela Manuel Febres González
Carolina, Puerto Rico

Sala, Ivette
Hato Rey, Puerto Rico

San Martín, Janette
Luquillo, Puerto Rico

Santana, Libni
Departamento Recursos Naturales
Servicio Forestal
Mayagüez, Puerto Rico

Santiago, Marta
Dorado, Puerto Rico

Santiago, Myrna
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Saul, Miguel A.
Río Piedras, Puerto Rico

Scala, Connie
Guaynabo, Puerto Rico

Serra, Nancy
Santurce, Puerto Rico

Serrano, Mara Ivette
Carolina, Puerto Rico

Severo, Mayra S.
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Sisco, José
Ponce, Puerto Rico

Solís, Mercedes
Santurce, Puerto Rico

Sosa, Sylvia
Carolina, Puerto Rico

Soto, Edgardo
Guaynabo, Puerto Rico

Tanco, Mayi
Isla Verde, Puerto Rico

Thompson, Teresa A.
San Juan, Puerto Rico

Toledo, Canili
San Juan, Puerto Rico

Toro, Francisco
Río Piedras, Puerto Rico

Toro, Zulma
Carolina, Puerto Rico

Torres, Betsy
Ponce, Puerto Rico

Torres, Deborah
Oficina de Presupuesto y Gerencia
San Juan, Puerto Rico

Torres, Denise
Río Grande, Puerto Rico

Torres, J.
Miramar, Puerto Rico

Torres, José J.
San Juan, Puerto Rico

Torres, Mildred
Hato Rey, Puerto Rico

Torres, Walter
Ponce, Puerto Rico

Torriellas, Luci
Santurce, Puerto Rico

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Trelles, María D.
Hato Rey, Puerto Rico

Trinidad, Rafael
Vega Baja, Puerto Rico

Trujillo, Jesús
San Sebastian, Puerto Rico

Valentín, Griselle
Trujillo Alto, Puerto Rico

Valentín, Rubén
Trujillo Alto, Puerto Rico

Van De Genanchte, Eric
Warsaw, New York

Vargas, Yadira
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Vargas, Yara Y.
Puerto Nuevo, Puerto Rico

Vázquez, Alicia
Río Piedras, Puerto Rico

Vázquez, Eduardo
Aguada, Puerto Rico

Vega, A.
Río Piedras, Puerto Rico

Vega, Jorge
Santurce, Puerto Rico

Vega, Luis
Caguas, Puerto Rico

Vela, José E.
Guaynabo, Puerto Rico

Velázquez, Martha
Trujillo Alto, Puerto Rico

Vélez, Carmen
Río Piedras, Puerto Rico

Vélez, Jesús
Río Piedras, Puerto Rico

Vélez, Luz E.
Santurce, Puerto Rico

Veloz, Marcio
Santo Domingo, República Dominicana

Vidal, José M.
Departamento de Educación
Río Piedras, Puerto Rico

Villafañe, Rosana
Río Piedras, Puerto Rico

Villarrubia, José
Departamento de Agronomía y Suelos
Universidad de Puerto Rico
Mayagüez, Puerto Rico

Vivas, Jeannette
Carolina, Puerto Rico

Wagenseil, Ross
Roseau, Commonwealth of Dominica

Watlington, Francisco
Department of Geography
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Webb, Richard
United States Geological Survey
San Juan, Puerto Rico

Werner, Wolfgang
Katholische Universitat Eichatatt
Wiesloel, Germany

Table 3. -*Visitors to the International Institute of Tropical Forestry (Continued).*

Whitmore, Jacob
Forest Management Research
Washington, DC

Williams, John
Santa Monica, California

Williams, Rolando
Fajardo, Puerto Rico

Woithe, Robert D.
Center for Environmental Policy
University of Florida
Gainesville, Florida

Wolfe, William
Nashville, Tennessee

Womeldorff, Tom
The Evergreen State College
Olympia, Washington

Zamparelli, María D.
Bayamón, Puerto Rico

Appendix
Apéndice

A. Recent Publications of the International Institute of Tropical Forestry (*indicates reprints available for distribution).
Publicaciones recientes del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical Forestal (*indica disponibilidad de separatas para distribución).

001 *Ahmad, R., F.N. Scatena, and A. Gupta. 1993. Morphology and sedimentation in Caribbean montane streams: examples from Jamaica and Puerto Rico. Sedimentary Geology 85:157-169.

Basnet, K., F.N. Scatena, G.E. Likens, and A.E. Lugo. 1993. Ecological consequences of root grafting in Tabonuco (*Dacryodes excelsa*) trees in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):28-35.

Brown, S., A.E. Lugo, and A.J.R. Gillespie. 1993. Background paper for the strategies for environmental monitoring and assessment of tropical forests ecosystems. Pages 115-141 *in* Report of the UNEP/FAO Expert Consultation on Environmental Parameters in Future Global Forest Assessments. GEMS Report Series No. 17. 1-13 December 1992, Nairobi, Kenya. UNEP/FAO.

Dale, V.H., R.A. Houghton, A. Grainger, and A.E. Lugo. 1993. Emissions of greenhouse gases from tropical deforestation and subsequent uses of the land. Pages 215-260 *in* National Research Council, Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics. National Academy Press, Washington DC.

Domínguez-Cristóbal, C.M. 1989. La situación forestal pre-hispánica de Puerto Rico. Acta Científica 3(2-3):63-66.

Domínguez-Cristóbal, C.M. 1989. La situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XVI. Acta Científica 3(2-3):67-70.

Domínguez-Cristóbal, C.M. 1989. La situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XVII. Acta Científica 3(2-3):71-72.

Domínguez-Cristóbal, C.M. 1989. La situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XVIII. Acta Científica 3(2-3):73-75.

Domínguez-Cristóbal, C.M. 1989. La situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XX (hasta 1975). Acta Científica 3(2-3):77-82.

002 *Francis, J.K. 1992. *Roystonea borinquena* O.F. Cook. Puerto Rican royal palm. Palmae. Palm family. SO-ITF-SM-48. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

Francis, J.K. 1993. *Genipa americana* L. Jagua, genipa. Rubiaceae. Madder family. SO-ITF-SM-58. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

003 *Frangi, J.L., and A.E. Lugo. 1992. Biomass and nutrient accumulation in ten year old bryophyte communities inside a flood plain in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 24(2a):106-112.

Keller, M., I. Galbally, M. Baer, E. Davidson, D. Fitzjarrald, and G. Harris. 1992. Tropical land use change and trace gas emissions. Ecological Bulletin 42:156-163.

Lugo, A.E., editor. 1989. Acta Científica 3(2-3). 141 p.

Lugo, A.E. 1989. How are tropical forests coupled to temperate zones? Acta Científica 3(2-3):119-122.

Lugo, A.E. 1989. Ecological advantages of natural plant communities in residential landscapes. Acta Científica 3(2-3):103-106.

Lugo, A.E. 1989. Tropical deforestation. Acta Científica 3(2-3):113-117.

Lugo, A.E. 1989. Los manglares de La Parguera. Acta Científica 3(2-3):135-140.

Lugo, A.E. 1989. Elementos para una reunión científica exitosa. Acta Científica 3(2-3):123-125.

Lugo, A.E. 1990. Forest management for ecological stability: a call for leadership. Pages 1-30 *in* Proceedings of the 1990 Society of American Foresters National Convention. July 29-August 1, 1990, Washington, DC., Society of American Foresters, Bethesda, Maryland.

Lugo, A.E. 1991. Dominancia y diversidad de plantas en Isla de Mona. Acta Científica 5(1-3):65-71.

Lugo, A.E. 1991. Acta Científica 5(1-3). 75 p.

Lugo, A.E. 1992. Tropical forest management—time to do something about it. Pages 382-391 *in* American Forestry: an Evolving Tradition. Proceedings of the Society of American Foresters, 1992 National Convention. October 25-28, 1992, Richmond, Virginia. Society of American Foresters, Bethesda, Maryland.

Lugo, A.E. 1992. Tropical forest uses. Pages 117-132 *in* T. Downing, S.B. Hecht, H.A. Pearson, and C. Garcia-Downing, editors. Development or Destruction: the Conversion of Tropical Forest to Pasture in Latin America. Westview Press, Boulder, Colorado.

004 *Lugo, A.E. 1992. Annual Letter 1990-91. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 86 p.

Lugo, A.E. 1993. The dilemma of conservation in the Brazilian Amazon. Amazon Conservation in the Age of Development: the Limits of Providence. Ronald A. Foresta. [Book Review]. Ecological Economics 7:178-179.

Lugo, A.E., and S. Brown. 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. Forest Ecology and Management 54:239-255.

005 *Lugo, A.E., and F.N. Scatena. 1992. Epiphytes and climate change research in the Caribbean: a proposal. Selbyana 13:123-130.

006 *Lugo, A.E., and J.L. Frangi. 1993. Fruit fall in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):73-84.

007 *Lugo, A.E., and S. Brown. 1993. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon. Plant and Soil 149:27-41.

Lugo, A.E., J.A. Parrotta, and S. Brown. 1993. Loss in species caused by tropical deforestation and their recovery through management. Ambio 22:2-3.

Migenis, L.E., and J.D. Ackerman. 1993. Orchid-phorophyte relationships in a forest watershed in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 9:231-240.

Moya, S., and J.D. Ackerman. 1993. Variation in the floral fragrance of *Epidendrum ciliare* (orchidaceae). Nord. J. Bot. 13(1):41-47. (Section of holarctic and general taxonomy).

National Research Council. 1993. Sustainable agriculture and the environment in humid tropics. National Academy Press, Washington, DC. 702 p. [Dr. A.E. Lugo is a member of the Committee on Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics].

008 *Parrotta, J.A. 1993. Assisted recovery of degraded tropical lands: plantation forests and ecosystem stability. Pages 169-182 *in* M.G. Paoletti, W. Foissner, and D. Coleman, editors. Soil Biota, Nutrient Cycling and Farming Systems.

009 *Parrotta, J.A. 1993. *Casuarina equisetifolia* L. ex J.R. & G. Forst. Casuarina, Australian pine. Casuarinaceae. Casuarina family. SO-ITF-SM-56. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 11 p.

Parrotta, J.A. 1993. Patterns of early competition and seedling development in *Albizzia lebbek* (L.) Benth. Plantations systems. Pages 291-298 *in* Sumil Puri and P.K. Khosla, editors. Nursery Technology for Agroforestry: Applications in Arid and Semiarid Regions. Oxford & IBH Publishing, New Delhi, India.

Parrotta, J.A. 1993. *Cocos nucifera* L. Coconut palm, Palma de coco. Palmae. Palm family. SO-ITF-SM-57. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

Parrotta, J.A. 1993. Stand development, biomass yield and nutrient partitioning in *Albizzia lebbek* plantations in Puerto Rico. Pages 649-655 *in* D.K. Khurana, P.K. Khosla, editors. Agroforestry for Rural Needs, Vol. II. Indian Society of Tree Scientists, Solan, India.

Parrotta, J.A., and I.P. Singh. 1992. Vertical distribution of fine roots in monospecific and mixed-species tree plantations in Puerto Rico. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 10:89-90.

Parrotta, J.A., and I.P. Singh. 1992. Gliricidia sepium root system morphology and biomass allocation. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 10:169-172.

Scatena, F.N., W. Silver, T. Siccama, A. Johnson, and M.J. Sánchez. 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo, 1989. Biotropica 25(1):15-27.

Wadsworth, F.H. 1988. Avances de la silvicultura y manejo de bosques tropicales en America Latina y el Caribe. Acta Científica 2(1):32-39.

Wadsworth, F.H. 1992. Temperate zone roots of silviculture in the tropics. Ecology and Silviculture of Mixed-Species Forests 40:245-255.

Wadsworth, F.H., editor. 1992. ISTF News 13(2). International Society of Tropical Foresters, Washington, DC. 12 p.

Wadsworth, F.H., ed. 1992. ISTF News 13(3). International Society of Tropical Foresters, Washington, DC. 12 p.

Wadsworth, F.H., ed. 1992. ISTF News 13(4). International Society of Tropical Foresters, Washington, DC. 12 p.

Wadsworth, F.H., ed. 1992. ISTF News 14(1). International Society of Tropical Foresters, Washington, DC. 20 p.

Wadsworth, F.H., ed. 1993. ISTF News 14(2). International Society of Tropical Foresters, Washington, DC. 12 p.

Wadsworth, F.H., and A.E. Lugo. 1989. The Institute of Tropical Forestry: fifty years of regional forestry leadership. Acta Científica 3(2-3):127-133.

Waide, R.B., and A.E. Lugo. 1992. Luquillo Experimental Forest: describing the impacts of disturbance. LTER Network News 12:12-13.

Walker, R., M. Ellis, and R. Barff. 1992. Linked migration systems: immigration and internal labor flows in the United States. Economic Geography 68(3):234-248.

Walker, R., and T.E. Smith. 1993. Tropical deforestation and forest management under the system of concession logging: a decision-theoretic analysis. Journal of Regional Science 33(3):387-419.

010 *Wauer, R.H., and J.M. Wunderle, Jr. 1992. The effect of Hurricane Hugo on bird populations on St. Croix, U.S. Virgin Islands. Wilson Bulletin 104(4):656-673.

011 *Wunderle, Jr., J.M., R.A. Cortes, and W. Carromero. 1992. Song characteristics and variation in a population of bananaquits on Puerto Rico. The Condor 94:680-691.

B. Other publications available for distribution.
Otras publicaciones disponibles para distribución.

012 *Acevedo Rodríguez, P. en colaboración con R.O. Woodbury. 1985. Los bejucos de Puerto Rico. Volumen 1. General Technical Report SO-58. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico. 331 p.

013 *Arendt, W.J. 1988. Range expansion of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in the Greater Caribbean basin. Colonial Waterbirds 11(2):252-262.

014 *Arendt, W.J., and A.I. Arendt. 1988. Aspects of the breeding of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in Montserrat, West Indies, and its impact on nest vegetation. Colonial Waterbirds 11(1):72-84.

015 *Barres, H. 1964. Rooting media for growing pine seedlings in hydroponic culture. Institute of Tropical Forestry Research Note No. 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

016 *Bauer, G.P., and A.J.R. Gillespie. 1990. Volume tables for young plantation grown hybrid mahogany (*Swietenia macrophylla x S. mahagoni*) in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. Research Paper SO-257. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

017 *Birdsey, R.A. and D. Jiménez. 1985. The forests of Toro Negro. Research Paper SO-222. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 29 p.

018 *Birdsey, R.A., P.L. Weaver, and C.F. Nicholls. 1986. The forest resources of St. Vincent, West Indies. Research Paper SO-229. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 25 p.

019 *Bokkestijn, A., and J.K. Francis [n.d.]. *Khaya senegalensis* Juss. Dry-zone mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-5. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

020 *Briscoe, C.B. 1962. Early lifting pine seedlings. Tropical Forest Note ITF-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p. [available in Spanish only].

021 *Briscoe, C.B. 1962. Tree diameter growth in the dry limestone hills. Tropical Forest Note ITF-12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p.

022 *Briscoe, C.B., and R.W. Nobles. 1962. Height and growth of mahogany seedlings. Tropical Forest Note ITF-ll. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

023 *Brown, S., and A.E. Lugo. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. Interciencia 17(1):8-18.

024 *Chinea-Rivera, J.D. 1990. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. Ceiba, kapok, silk cotton tree. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-29. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

025 *Chudnoff, M., E.D. Maldonado, and E. Goytia. 1966. Solar drying of tropical hardwoods. Research Paper ITF-2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Foresty, Río Piedras, Puerto Rico. 26 p.

026 *Chudnoff, M., and E. Goytia. 1967. The effect of incising on drying, treatability, and bending strength of fence posts. Research Paper ITF-5. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 20 p.

027 *Chudnoff, M., and T.F. Geary. 1973. On the heritability of wood density in *Swietenia macrophylla*. Turrialba 23(3):359-362.

Cintrón, B.B. 1990. *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, Spanish-cedar. Meliaceae. Mahogany family. Pages 250-257 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, comps., editors. Silvics of North America; Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

028 *Crow, T.R. and P.L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Research Paper ITF-22. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 17 p.

029 *Englerth, G.H. 1959. Air drying conditions for lumber in the San Juan area. Tropical Forest Note 1. United States Department of Agriculture, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p.

030 *Englerth, G.H. 1961. Bamboo for fence posts. Tropical Forest Note 6. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. [Also available in Spanish as Apuntes Forestales Tropicales ITF-6].

031 *Figueroa Colón, J.C., L. Totti, A.E. Lugo, and R.O. Woodbury. 1984. Structure and composition of moist coastal forests in Dorado, Puerto Rico. Research Paper SO-202. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 11 p.

032 *Figueroa Colón, J.C., F.H. Wadsworth, and S. Branham, editors. 1987. Management of the forests of tropical America: prospects and technologies. Proceedings of a conference. September 22-27, 1986, San Juan, Puerto Rico: United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 469 p.

033 *Francis, J.K. [n.d.]. *Agathis robusta* (C. Moore ex F. Muell) F.M. Bailey. Queensland kauri. Araucariacae. Araucaria family. SO-ITF-SM-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

034 *Francis, J.K. [n.d.]. *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco. Norfolk-island pine. Araucariaceae. Araucaria family. SO-ITF-SM-ll. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

035 *Francis, J.K. [n.d.]. *Hernandia sonora* L. Mago, toporite. Hernandiaceae. Hernandia family. SO-ITF-SM-13. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

036 *Francis, J.K. [n.d.]. *Maesopsis eminii* Engl. Musizi. Buckthorn family. SO-ITF-SM-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

037 *Francis, J.K. [n.d.]. *Terminalia ivorensis* (A. Chev.). Idigbo, emire. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

038 *Francis, J.K. 1988. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Guanacaste, earpod-tree. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-15. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

039 *Francis, J.K. 1988. *Eucalyptus deglupta* Blume. Kamarere. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

040 *Francis, J.K. 1988. Merchantable volume table for ucar in Puerto Rico. Research Note SO-350. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

041 *Francis, J.K. 1989. *Bucida buceras* L. Ucar. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-18. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

042 *Francis, J.K. 1989. The Luquillo Experimental Forest Arboretum. Research Note SO-358. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

043 *Francis, J.K. 1989. *Mammea americana* L. Mamey, mammee-apple. Guttiferae. Mangosteen family. SO-ITF-SM-22. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

044 *Francis, J.K. 1989. Merchantable volume and weights of mahoe in Puerto Rican plantations. Research Note SO-355. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

045 *Francis, J.K. 1989. *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. Burma padauk, pradu. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-l9. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

046 *Francis, J.K. 1989. *Tabebuia donnell-smithii* Rose. Primavera. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-25. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

047 *Francis, J.K. 1989. *Terminalia catappa* L. Indian almond, almendra. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

048 *Francis, J.K. 1989. *Thespesia grandiflora* (DC). Urban. Maga. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-21. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

049 *Francis, J.K. 1990. *Citharexylum fruticosum* L. Pendula, fiddlewood. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-34. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

050 *Francis, J.K. 1990. *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh. Fresno, tropical ash. Oleaceae. Olive family. SO-ITF-SM-27. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

051 *Francis, J.K. 1990. *Hymenaea courbaril* (L.). Algarrobo, locust. Leguminosae. Legume family. Caesalpinioideae. Cassia subfamily. SO-ITF-SM-27. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana.

052 *Francis, J.K. 1990. *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-32. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

053 *Francis, J.K. 1990. *Syzygium jambos* (L.) Alst. Rose apple. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-26. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

054 *Francis, J.K. 1990. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Almacigo, gumbo limbo. Burseraceae. Bursera family. SO-ITF-SM-35. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

055 *Francis, J.K. 1990. *Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K. Maricao. Malpighiaceae. Malpighia family. SO-ITF-SM-36. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

056 *Francis, J.K. 1990. *Catalpa longissima* (Jacq.) Dum. Cours. Yokewood. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-37. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

057 *Francis, J.K. 1990. *Hura crepitans* L. Sandbox, molinillo, jabillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-38. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

058 *Francis, J.K. 1991. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-41. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

059 *Francis, J.K. 1991. *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. Espino rubial. Rutaceae. Rue family. SO-ITF-SM-42. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

060 *Francis, J.K. 1991. *Cupania americana* L. Guara. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-44. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

061 *Francis, J.K. 1991. *Guazuma ulmifolia* lam. Guacima. Sterculiaceae. Chocolate family. SO-ITF-SM-47. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

062 *Francis, J.K. 1991. *Hyeronima clusioides* (Tul.) Muell-Arg. Cedro macho. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-45. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 3 p.

063 *Francis, J.K. 1992. *Spondias mombin* L. Hogplum. Anacardiaceae. Cashew family. SO-ITF-SM-51. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

064 *Francis, J.K. 1992. *Pinus caribaea* Morelet. Caribbean Pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-53. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 10 p.

065 *Francis, J.K. 1992. *Melicoccus bijugatus* Jacq. Quenepa. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-48. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

066 *Francis, J.K., and A. Bokkestijn. [n.d.]. *Khaya nyasica* Stapf. ex Baker f. East African mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-9. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

067 *Francis, J.K., and H.A. Liogier. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. General Technical Report SO-82. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 12 p.

068 *Frangi, J.L., and A.E. Lugo. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Biotropica 23(4a):324-335.

069 *Gillespie, A.J.R. 1992. *Pinus patula* Schiede and Deppe. Patula pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-54. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans. 5 p.

070 *Jiménez, J.A. 1985. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. White mangrove. SO-ITF-SM-3. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

Jiménez, J.A. 1985. *Rhizophora mangle* L. Red mangrove. SO-ITF-SM-2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

Jiménez, J.A., and A.E. Lugo. 1985. *Avicennia germinans* (L.) L. Black mangrove. SO-ITF-SM-4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

071 *Ledig, F.T., and J.L. Whitmore. 1981. The calculation of selection differential and selection intensity to predict gain in a tree improvement program for plantation grown Honduras pine in Puerto Rico. Research Paper SO-170. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 7 p.

072 *Liegel, L.H. 1984. Status, growth and development of unthinned Honduras pine plantations in Puerto Rico. Turrialba 34(3):313-324.

073 *Liegel, L.H. 1990. *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch. Yagrumo macho. Araliaceae. Ginseng family. Pages 288-293 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, comps.,

editors. Silvics of North America. Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

074 *Liegel, L.H. and J.W. Stead. 1990. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Laurel, Capa Prieto. Boraginaceae. Borage family. Pages 270-277 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, comps., editors. Silvics of North America. Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

075 *Liegel, L.H., R. Jones, G. Symes, B. Ramdial, and J.J. Cabrera Malo. 1985. US-AID supports study of Honduras pine in the Caribbean. Journal of Forestry 83(6):376-377.

076 *Liegel, L.H., and C.R. Venator. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. General Technical Report SO-67. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 156 p.

077 *Little, E.L., Jr., R.O. Woodbury, and F.H. Wadsworth. 1976. Flora of Virgin Gorda (British Virgin Islands). Research Paper ITF-21. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 36 p.

078 *Lodge, D.J., F.N. Scatena, C.E. Asbury, and M.J. Sánchez. 1991. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rain forests of Puerto Rico. Biotrópica 23(4a):336-342.

079 *Lugo, A.E. 1987. Tropical forest management. Book review of: C.F. Jordan, ed. Amazonian rain forests. Ecological Studies 50. 133 p. Journal of Forestry 86(10):44-47.

080 *Lugo, A.E. 1988. Forest lands in Puerto Rico and the Caribbean 500 years after their discovery by Cristoforo Colombo. Slide presentation, includes references and an appendix. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico. 16 p.

081 *Lugo, A.E. 1990. Introduction. Pages 1-14 *in* A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, editors. Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

082 *Lugo, A.E. 1991. Cities in the sustainable development of tropical landscapes. Nature & Resources 27(2):27-35.

083 *Lugo, A.E. 1992. Tree plantation for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. Pages 247-255 *in* Mohan K. Wali, editor. Ecosystem Rehabilitation. Volume 2: Ecosystem Analysis and Synthesis. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.

084 *Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. Ecological Monographs 62(1):1-41.

085 *Lugo, A.E. and J. Figueroa. 1984. *Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich. ex Walp. Kadam. SO-ITF-SM-l. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 6 p.

086 *Lugo, A.E. and L.B. Ford, eds. 1987. Forest recreation in the Caribbean Islands. Proceedings of the Third meeting of Caribbean Foresters, May 19-23, 1986, Guadeloupe, F.W.I. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry and the Caribbean National Forest, Río Piedras, Puerto Rico. 95 p.

087 *Lugo, A.E. and L.B. Ford, eds. 1989. Wildlife management in the Caribbean Islands. Proceedings of the fourth meeting of Caribbean Foresters, April 4-8, 1988, Dominica. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry and Caribbean National Forest, Río Piedras, Puerto Rico. 129 p.

088 *Lugo, A.E., and F.H. Wadsworth. 1990. *Dacryodes excelsa* Vahl. Tabonuco. Burseraceae. Bursera family. Pages 284-287 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

089 *Lugo, A.E., S. Brown, and M.M. Brinson. 1990. Concepts in wetland ecology. Pages 53-85 *in* A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, editors. Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

090 *Maldonado, E.D. 1961. Peladora de postes de cadena ajustada. [Translation of "A tight chain post peeler" by W.N. Darwin]. Apuntes Forestales Tropicales ITF-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

091 *Maldonado, E.D. 1962. Solar radiation used to dry mahogany lumber in Puerto Rico. Tropical Forest Note ITF-14. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

092 *Meskimen, G., and J.K. Francis. 1990. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Rose gum eucalyptus. Myrtaceae. Myrtle family. Pages 305-312 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

093 *Mosquera, M., and J. Feheley, comps. 1984. Bibliography of forestry in Puerto Rico. General Technical Report SO-51. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 196 p.

094 *Nobles, R.W., and C.B. Briscoe. 1966. Height growth of mahogany seedlings. Research Note ITF-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

095 *Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia lebbek* (L.) Benth. Siris. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-7. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

096 *Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia procera* (Roxb.) Benth. White siris, tall albizia. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-6. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

097 *Parrotta, J.A. 1990. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen. Batai, Moluccan sau. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-31. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

098 *Parrotta, J.A. 1990. *Tamarindus indica.* L. Tamarind. Leguminosae (Caesalpinioideae). Legume family. SO-ITF-SM-30. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

099 *Parrotta, J.A. 1991. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamuchi, Madras thorn. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-40. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

100 *Parrotta, J.A. 1992. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Aroma, Huisache. Leguminosae. (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-49. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

101 *Parrotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Leucaena, tantan. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-52. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

102 *Parrotta, J.A. 1992. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Gliricidia, Mother of Cocoa. Leguminosae (Papilionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-50. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

103 *Parrotta, J.A., and J.K. Francis. 1990. *Senna siamea* Irwin & Barnaby. Yellow cassia, minjri. Leguminosae (Caesalpiniodeae). Legume family. SO-ITF-SM-33. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

104 *Parrotta, J.A.,and D.J. Lodge. 1991. Fine root dynamics in a subtropical wet forest following hurricane disturbance in Puerto Rico. Biotropica 23(4a):356-363.

105 *Reyes, G., S. Brown, J. Chapman, and A.E. Lugo. 1992. Wood densities of tropical tree species. General Technical Report SO-88. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 15 p.

106 *Rodríguez, C. 1990. *Inga vera* (Willd.) Guaba. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-39. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

107 *Scatena, F.N. 1989. An introduction to the physiography and history of the Bisley experimental watersheds in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. General Technical Report SO-72. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 22 p.

108 *Scatena, F.N., and M.C. Larsen. 1991. Physical aspects of Hurricane Hugo in Puerto Rico. Biotropica 23(4a):317-323.

109 *Schubert, T.H., and J. Zambrana. 1978. Honduras or big-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.

110 *Schubert, T.H., and J. Zambrana. 1978. West Indies or small-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.

111 *Silander, S.R. and A.E. Lugo. 1990. *Cecropia peltata* L. Yagrumo hembra, Trumpet-Tree. Moraceae. Mulberry family. Pages 244-249 *in* R.M. Burns and B. H. Honkala, comps., editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

112 *Steudler, P.A., J.M. Melillo, R.D. Bowden, M.S. Castro, and A.E. Lugo. 1991. The effects of natural and human disturbances on soil nitrogen dynamics and trace gas fluxes in a Puerto Rican wet forest. Biotropica 23(4a):356-363.

113 *Torres, J.A. 1992. Lepidoptera outbreaks in response to successional changes after the passage of Hurricane Hugo in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 8:285-298.

114 *Tosi, J.A., Jr. and L.L. Vélez-Rodríguez. 1983. Provisional ecological map of the Republic of Brazil. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Center for Energy and Environment Research of the University of Puerto Rico, and United States Department of Energy, Washington, DC. 16 p.

115 *Venator, C.R. 1972. Effect of gibberelic acid on germination of low-vigor Honduras pine seeds. Forest Science 18(4):331.

116 *Venator, C.R. 1976. A mutant *Pinus caribaea* var. hondurensis seedling incapable of developing normal secondary needles. Turrialba 26(1):98-99.

117 *Venator, C.R. 1977. Formation of root storage organs and sprouts in *Pinus oocarpa* seedlings. Turrialba 27(1):41-45.

118 *Venator, C.R., J.E. Muñoz, and N.F. Barros. 1977. Root immersion in water: a promising method for successful bare-root planting of Honduras pine. Turrialba 27(3):287-291.

119 *Venator, C.R., and A. Rodríguez. 1977. Using styroblock containers to grow *Pinus caribaea* var. hondurensis Barr. & Golf. nursery seedlings. Turrialba 27(4):393-396.

120 *Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper SO-190. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 24 p.

121 *Weaver, P.L. 1988. *Guarea guidonia* (L). Sleumer. American muskwood. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-17. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

122 *Weaver, P.L. 1989. *Andira inermis* (W. Wright) DC. Cabbage angelin. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-20. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

123 *Weaver, P.L. 1989. Forest changes after hurricanes in Puerto Rico's Luquillo Mountains. Interciencia 14(4):181-192.

124 *Weaver, P.L. 1989. Rare trees in the colorado forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains. Natural Areas Journal 9(3):169-173.

125 *Weaver, P.L. 1989. Taungya plantings in Puerto Rico: assessing the growth of mahogany and maria stands. Journal of Forestry 87(3):37-41.

126 *Weaver, P.L. 1990. Succession in the elfin woodland of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Biotropica 22(1):83-89.

127 *Weaver, P.L. 1990. Tree diameter growth rates in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. Caribbean Journal of Science 26(1-2):1-6.

128 *Weaver, P.L. 1990. *Calophyllum calaba* L. Maria, Santa Maria. Guttiferae. Mangosteen family. Pages 172-178 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

129 *Weaver, P.L. 1990. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev. Ausubo, Balata. Sapotaceae. Sapodilla family. Pages 455-460 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

130 *Weaver, P.L. 1990. *Tabebuia heterophylla* (DC.) Britton. Roble blanco, White-cedar. Bignoniaceae. Bignonia family. Pages 778-783 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

131 *Weaver, P.L. 1991. Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Interciencia 16(3):142-151.

132 *Weaver, P.L. 1992. An ecological comparison of canopy trees in the montane rain forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains. Caribbean Journal of Science 28(1-2):62-69.

133 *Weaver, P.L., R.A. Birdsey, and C.F. Nicholls. 1988. Los recursos forestales de San Vicente, Indias Occidentales. SO-RP-244. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 27 p.

134 *Weaver, P.L., and J.K. Francis. [n.d.]. *Hibiscus elatus* Sw. Mahoe. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-14. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 7 p.

135 *Weaver, P.L. and J.K. Francis. 1988. Growth of teak, mahogany, and Spanish cedar on St. Croix, U.S. Virgin Islands. Turrialba 38(4):308-317.

136 *Whitmore, J.L. 1978. Cedrela provenance trial in Puerto Rico and St. Croix: establishment phase. Research Note ITF-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 11 p.

137 *Whitmore, J.L., and G. Hinojosa. 1977. Mahogany (*Swietenia*) hybrids. Research Paper ITF-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 8 p.

138 *Whitmore, J.L., and L.H. Liegel. 1980. Spacing trial *of Pinus caribaea* var. hondurensis. Research Paper SO-162. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 9 p.

139 *Woodbury, R.O., and E.L. Little, Jr. 1976. Flora of Buck Island Reef National Monument (U.S. Virgin Islands). Research Paper ITF-19. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 27 p.

140 *Wunderle, Jr., J.M., D.J. Lodge, and R.B. Waide. 1992. Short-term effects of Hurricane Gilbert on terrestrial bird populations on Jamaica. The Auk 109(1):148-166.

Versión en Español

INTRODUCCION

En diciembre de 1992, el Instituto de Dasonomía Tropical amplió sus funciones y misión y dio los primeros pasos en su desarrollo como el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT). El IIDT tiene en la actualidad una función expandida en la cooperación internacional y en la dasonomía privada y estatal, combinando los esfuerzos de investigación en dasonomía tropical con la información sobre el manejo de los recursos naturales a ser compartida con otros en los trópicos.

El IIDT, en colaboración con la Universidad de Puerto Rico y el Bosque Nacional del Caribe, viene llevando a cabo investigaciones en el área de la dasonomía tropical desde 1939, cuando se establece el Instituto en Río Piedras.

Los objetivos del nuevo Instituto Internacional son:

Desarrollar e intercambiar conocimiento crítico al sostenimiento de beneficios de ecosistemas tropicales para la humanidad.

A fin de atender más efectivamente los complejos aspectos físicos, sociales y económicos del manejo de los bosques tropicales, el IIDT se basa en una tradición de 54 años de investigación interdisciplinaria. El personal de investigación con que actualmente contamos consiste de dasónomos, ecólogos de vida silvestre y ecólogos terrestres, geomorfólogos, biólogos, botánicos, zoólogos y científicos atmosféricos. Estos científicos trabajan independientemente o conjuntamente con colaboradores del exterior que están comprometidos a estudios a largo plazo en Puerto Rico, Brasil, Costa Rica, Venezuela y otras partes del Caribe y América Latina. Cuentan con el respaldo de un grupo de biólogos, químicos y técnicos. Varios especialistas trabajan en programas de dasonomía internacional, estatal y privada. Un equipo administrativo se encarga de los aspectos de presupuesto, personal, compra y otras funciones administrativas.

Las oficinas centrales del IIDT están ubicadas en el Recinto de la Universidad de Puerto Rico en el Jardín Botánico de Río Piedras, Puerto Rico, un suburbio de San Juan. Un laboratorio provee facilidades para el análisis químico de muestras de suelos, agua y aire. Cuenta con una biblioteca de 50,000 documentos especializada en bosques tropicales. En el Bosque Experimental de Luquillo (también conocido como el Bosque Nacional del Caribe, localizado en la región este de Puerto Rico) hay oficinas y facilidades de investigación adicionales.

La Investigación del IIDT se distribuye en cuatro unidades:

1) Manejo de bosques,
2) Manejo de ecosistemas,
3) Manejo de vida silvestre y
4) Ecología social.

Cuatro áreas problemáticas principales orientan la dirección de las investigaciones en el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Estas incluyen:

(1) Conocimientos insuficientes para renovar y rehabilitar tierras degradadas y bosques secundarios de manera factible desde una perspectiva social y económica.

(2) Falta de conocimientos y métodos predictivos para entender la dinámica interna y las influencias externas que afectan las características atmosféricas e hidrológicas de las cuencas hidrográficas boscosas y tropicales.

(3) La necesidad de identificar y caracterizar las presiones habitacionales que amenazan o ponen en peligro la vida silvestre tropical y la necesidad de desarrollar unas prácticas de manejo mejores y más efectivas.

(4) La necesidad de cuantificar el valor social y económico de los bosques tropicales.

INVESTIGACION SOBRE EL MANEJO DE BOSQUES

Este programa se concentra en proveer administradores de recursos naturales con información para manejar los bosques comerciales de una manera sostenida y segura desde un punto de vista ambiental. Nuestros esfuerzos se dirigen no solamente a Puerto Rico, sino también a otras áreas tropicales.

Muchos estudios se han concentrado en las plantaciones de caoba y pino caribeño. La medición de parcelas de crecimiento a largo plazo en el bosque Experimental de Luquillo ha generado muchos datos sobre varios rodales de estas especies en los bosques secos, húmedos y lluviosos de Puerto Rico. También se estudian suelos degradados en los trópicos.

El objetivo del equipo de Investigación Sobre Manejo de Bosques es: llevar a cabo investigaciones y transferencias de tecnología relacionada con el manejo de bosques, tanto cultivados como naturales. El trabajo se orienta a ubicaciones, genotipos y prácticas culturales de plantaciones así como al crecimiento y manejo de bosques secundarios. Nos movemos hacia la investigación de problemas relacionados con el establecimiento y manejo efectivo de árboles y de bosques secundarios luego de ocurridas alteraciones y cambios de uso de terrenos en los trópicos. Este nuevo enfoque viene acompañado de un serio compromiso con la cooperación internacional y de oportunidades de investigación cooperativa en el extranjero.

Todos los años se destruyen o empobrecen bosques tropicales y áreas boscosas alrededor del mundo como consecuencia de prácticas agrícolas, recolección de leña y corte inapropiado. Los terrenos agrícolas tropicales se ven abandonados debido a una degradación severa. La investigación forestal puede asumir un papel importante en la rehabilitación de estos terrenos mediante el desarrollo de técnicas silvícolas que optimicen las condiciones de los bosques y aceleren la sucesión de bosques secundarios en lugares empobrecidos.

Durante el año 1993, las actividades de investigación del IIDT relacionadas con la dasonomía de plantaciones incluyó estudios en marcha en Puerto Rico, investigaciones colaborativas en la India y un taller/simposio sobre el manejo y la rehabilitación de terrenos empobrecidos y bosques secundarios en la región amazónica de Brasil.

Entre los ejemplos de investigación y manejo cooperativo en la región del Caribe se incluyen la ayuda brindada para establecer veredas ecológicas en Antigua y Granada y proyectos de reforestación de bosques en Monserrate.

En Puerto Rico, se continuaron los estudios para relacionar las ráfagas máximas huracanadas con daños a los árboles. Los resultados de estos estudios pueden ser de utilidad para ayudar a

predecir y evitar daños futuros a especies de árboles en áreas propensas a huracanes. Se añadieron monografías de siete especies de árboles al Tropical Silvics Manual (Manual de Silvicultura Tropical), un nuevo proyecto en curso. Se añadieron nuevas entradas a la contínua lista de árboles superiores de Puerto Rico. La lista incluye especímenes grandes de varias especies de árboles que se encuentran alrededor de la Isla.

INVESTIGACION DE ECOSISTEMAS

Las cuencas hidrográficas tropicales constituyen aproximadamente la mitad de las áreas forestadas del mundo y representan una fracción significativa, si bien mal entendida, de los presupuestos hidrológico y biogeoquímico del planeta. El manejo de bosques tropicales complejos requiere de un conocimiento básico de los procesos físicos y biológicos de dichos ecosistemas y las alteraciones naturales y humanas que los afectan.

Esta unidad de investigación estudia las alteraciones naturales y humanas que afectan los bosques tropicales y cómo reacciona el bosque ante las mismas. Los científicos trabajan a fin de desarrollar un entendimiento básico de estos bosques de manera que puedan proveer administradores de recursos con mejor información y que sean capaces de prever y manejar los cambios ambientales que resultan de las alteraciones naturales y las inducidas por el hombre.

Los estudios se concentran en los efectos que tienen los huracanes, los desprendimientos de terrenos, la silvicultura, las carreteras, las conversiones en el uso de los terrenos y la recreación. También se analizan los estudios a largo plazo de las cuencas hidrográficas, la biogeoquímica, los cambios globales y los sistemas ecológicos.

Una parte de esta investigación tiene lugar en el área Bisley del Bosque Experimental de Luquillo en una red de parcelas de investigación a largo plazo. La investigación ribereña se da en la vida silvestre acuática y terrestre y en la vegetación ribereña. Se han establecido ubicaciones de seguimiento de cambio global en la estación de campo de La Selva en Costa Rica.

Investigación sobre Cuencas Hidrográficas

Durante 1993 las actividades relacionadas con investigación sobre cuencas hidrográficas incluyeron el auspicio de un simposio sobre bosque nublados tropicales de montaña y la expansión de los estudios ribereños. Continuó la investigación ecológica a largo plazo sobre la recuperación de las cuencas hidrográficas de Bisley luego del huracán Hugo, que impactó la Isla en septiembre de 1989.

Se iniciaron estudios sobre el impacto de la actividad humana en las cuencas hidrográficas de Bisley. La investigación cooperativa con la Universidad de Puerto Rico y Colorado State University se concentró en los cambios sufridos en el suelo y la vegetación como resultado de una secuencia de cambio en el uso de los suelos, de terrenos de pastizaje activo a terrenos reforestados.

Investigación sobre Recreación

En colaboración con el Bosque Nacional del Caribe, se iniciaron estudios sobre los impactos de los usos recreativos en los ecosistemas de los bosques tropicales. A medida que aumentan el ecoturismo y el uso recreativo de los bosques tropicales, esta información podría ser valiosa y aplicable para establecer un balance de usos en los ecosistemas forestales tropicales de Puerto Rico y otros lugares. Los bosques tropicales constituyen ecosistemas complejos y se sabe muy poco sobre el efecto que tienen sobre ellos las actividades recreativas. Los estudios comenzaron

por dar seguimiento a, y cuantificar los efectos de las actividades recreativas en el Bosque Experimental de Luquillo.

Un estudio sobre el valor económico del ecosistema de Luquillo y los estudios efectuados en torno a los impactos de la recreación sobre la vegetación forestal también están relacionados con esta investigación. Se establecieron parcelas de vegetación a largo plazo en un área de veredas del bosque con fines de seguimiento.

Historia Ambiental

El creciente aumento poblacional y su impacto sobre los terrenos provocará una mayor demanda para la conversión de sistemas forestales tropicales naturales en terrenos agrícolas. También es de esperar que aumenten la agricultura tropical y el uso de fertilizantes, yerbicidas, sistemas de riego y otras prácticas.

Los bosques de Puerto Rico se han estudiado intensivamente a partir de los muchos cambios experimentados en el uso de los suelos durante la década de 1950. El uso de los suelos ha cambiado primero de bosques a uso agrícola y luego a uso industrial y urbano. En la actualidad se estudia esta información a fin de ayudar a identificar los impactos a largo plazo de varias prácticas de uso de terreno actualmente empleadas en Puerto Rico.

Continúan los estudios relacionados con la geomorfología de los arroyos y las planicies inundables de las Montañas de Luquillo, haciendo hincapié en los cambios en los ecosistemas ribereños luego del asentamiento europeo.

La Ecología de los Bosques Tropicales Secos

Los bosques tropicales secos componen el 42 por ciento del territorio de bosques tropicales y subtropicales y mantienen la mayor parte de la población humana que habita en los trópicos. El IIDT ha venido estudiando estos importantes ecosistemas de los bosques secos en ubicaciones en St. Croix y St. John de las Islas Vírgenes de los E.E.U.U. así como en el Bosque Estatal de Guánica al suroeste de Puerto Rico.

INVESTIGACION SOBRE VIDA SILVESTRE

El objetivo de los programas de investigación de vida silvestre del IIDT es identificar y caracterizar las presiones sobre el hábitat que amenazan o hacen peligrar las poblaciones de vida silvestre a fin de desarrollar mejores prácticas de manejo. Los esfuerzos de investigación se concentran en las presiones inducidas por agentes naturales y humanos que afectan la vida silvestre amenazada y sensitiva en varios hábitats tropicales. Existen estudios a largo plazo sobre la biología y la ecología de las poblaciones de zorzales pardos, las aves del Bosque Seco de Guánica y las variaciones en el abasto de alimentos de la Cotorra de Puerto Rico.

Continuaron realizándose estudios sobre la distribución de las reinitas migrantes en diferentes hábitats de las islas de St. John y St. Thomas y sobre los cambios poblacionales en St. John. El estudio incluye un análisis de la conducta alimenticia y la disponibilidad de presas para las reinitas durante la temporada de invernación.

Durante el año fiscal 1993, se dio comienzo a un nuevo proyecto sobre aves migradoras neotropicales en pequeñas y grandes plantaciones de café en la República Dominicana.

INVESTIGACION EN EL AREA DE ECOLOGIA SOCIAL

En el IIDT la investigación en el área de la ecología social se concentra en las dimensiones humanas del manejo forestal y atiende las relaciones entre las poblaciones humanas y los recursos forestales. La meta de esta área investigativa es aclarar la toma de decisiones de los usuarios de terrenos a fin de aislar los factores que llevan a la selección de terrenos sostenibles por los usuarios de manera que los administradores de recursos puedan manejar mejor los bosques tropicales. La investigación estudia los efectos, en ubicaciones tropicales, de la mobilidad invasiva de las poblaciones que viene motivada por usos de terrenos sostenibles. Los temas de estudio incluyen: la evaluación de prácticas de uso de terrenos en el triángulo Santarem de Brasil y su relación con el mantenimiento de bosques, la adopción de vegetación leñosa en los sistemas agrícolas y el uso del fuego. Los estudios incluyen la cuantificación del valor económico de los bosques tropicales así como los efectos sociales y ambientales de la recreación sobre los mismos.

En 1993, se levantaron encuestas a lo largo de la Carretera Transamazónica del Brasil en cooperación con científicos y administradores de recursos naturales brasileños. Se adiestraron grupos en técnicas de investigación mediante encuestas, enfoques de muestreo aleatorio en el campo y el uso de la Tecnología de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés). Se obtuvo información sobre condiciones socioeconómicas y se levantaron mapas de las áreas agrícolas.

PROYECTOS ESPECIALES- ASUNTOS DESTACADOS: CONFERENCIA DE LA ASOCIACION DE BIOLOGOS TROPICALES

En junio de 1993 el IIDT coauspició el Trigésimo Aniversario de la Asociación de Biología Tropical (ATB) en San Juan. Más de 300 participantes de diferentes partes del mundo asistieron a esta reunión. Al mismo tiempo, el IIDT coauspició un simposio internacional sobre bosques montanos tropicales con el East-West Center de Hawaii.

La ATB es una sociedad internacional de biólogos interesados en muchos aspectos de los ecosistemas de los bosques tropicales. La actividad de cuatro días de duración incluyó conferencias, presentación de artículos, discusiones y viajes de campo alrededor de la Isla para observar una variedad de ecosistemas en Puerto Rico.

AVES MIGRADORAS NEOTROPICALES

Muchas especies de pájaros cantores se reproducen en Norte América e ivernan en los trópicos de América Central y América del Sur y El Caribe. Los estudios muestran que las poblaciones de tales aves se han reducido en años recientes. Se considera que esta reducción viene influenciada por cambios en su hábitat, tanto en sus áreas de reproducción como en las áreas de ivernación, provocados por el hombre. Las reducciones recientes en la población local se atribuyen en su mayoría a la fragmentación forestal de las áreas de reproducción del norte y al ritmo de desforestación en el área central de América y en el Caribe.

El programa del IIDT se concentra en identificar el patrón de distribución de las migraciones entre las islas del Caribe, describir el hábitat de las diferentes especies y dar seguimiento a largo plazo a las poblaciones migrantes. Se ha sugerido que es posible que el tamaño del claro de vegetación y la distribución del abasto de alimentos afecte la abundancia de la migración.

CAMBIO GLOBAL

Este programa se concentra en el estudio de las interacciones químicas y físicas entre los bosques tropicales y la atmósfera. Los estudios se concentran en la influencia de la deforestación de los bosques tropicales y los cambios en el uso de terrenos sobre la composición química de la atmósfera, el almacenamiento de carbón en la biosfera y la influencia del clima sobre la distribución de la biota tropical.

El IIDT se concentra en el estudio de áreas extensas de los trópicos húmedos que se vienen transformando de bosques a tierras de pastizaje y usos agrícolas. A medida que las poblaciones humanas continúan aumentando, el área de bosque tropical convertida a tales usos aumenta también. El uso de fertilizantes, sistemas de riego, herbicidas y otras prácticas de manejo también continuarán aumentando. Se estudian estas conversiones de terrenos para determinar la cantidad de óxido nitroso producido en los suelos - uno de los principales contribuyentes al efecto invernadero de los gases.

Los estudios señalan que los niveles de óxido nitroso son mayores después de ocurrida una deforestación, disminuyen en áreas de pastizaje y aumentan nuevamente a medida que las tierras se convierten a uso agrícola y de cosechas.

INVESTIGACIÓN ECOLÓGICA A LARGO PLAZO DE LA NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

Durante el año fiscal de 1993 el Bosque Experimental de Luquillo comenzó su quinto año en el proceso de consolidación de los conocimientos adquiridos a partir del huracán Hugo (septiembre de 1989) y de formulación de nuevos objetivos de investigación. El proyecto de Investigación Ecológica a Largo Plazo constituye un esfuerzo cooperativo entre el IIDT, la División de Ecología Terrestre de la Universidad de Puerto Rico y varios otros colaboradores que han venido usando el Bosque Experimental de Luquillo para investigaciones a largo plazo sobre los efectos de alteraciones, como los huracanes, sobre los recursos. Una meta del estudio es la de determinar la frecuencia, intensidad, distribución espacial, extensión en área y los efectos inmediatos y a largo plazo de alteraciones tales como huracanes, deslizamientos de suelos y caída de árboles no atribuible a los huracanes y las alteraciones humanas.

Los estudios incluyen: investigación de la historia de los huracanes y sus efectos sobre el paisaje; comparación de acervo de nutrientes y ciclos de nutrientes sobre y bajo la tierra; estudios hidrológicos y de humedades; y los efectos de los cambios y las alteraciones terrestres en la química atmosférica.

COOPERACION INTERNACIONAL

La Unidad de Cooperación Internacional del IIDT sirve de base para la interacción y labor cooperativa entre administradores de recursos e investigadores de América Latina y los E.E.U.U. La función de esta unidad es lograr un balance en los programas de investigación del Instituto al hacer mayor hincapié en actividades de extensión y divulgación para la transferencia de tecnología. El programa está financiado por los Programas de Dasonomía Tropical y Dasonomía Cooperativa del Servicio Forestal de los EE.UU., también recibe fondos de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los E.E.U.U. (USAID, por sus siglas en inglés).

La recién creada Unidad de Cooperación Internacional en la actualidad se encuentra en el proceso de asignación de personal a fin de que pueda satisfacer las necesidades y metas proyectadas para el futuro. En términos de personal, la unidad ha sido diseñada para que sea útil a las necesidades silvícolas tanto locales como del exterior. Un equipo de ayuda exterior incluirá dos generalistas, el primero abarcará el Caribe para USAID y el segundo estará asignado a América Latina tropical. La unidad también contará con cuatro especialistas: un silvicultor es especializado en bosques naturales, un silvicultor especializado en dasonomía de plantaciones y un experto en el aprovechamiento de bosques. La función del equipo será descubrir y ayudar al desarrollo de projectos meritorios a ser incluidos para asistencia a través del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE.UU., USAID u otros contribuyentes.

DASONOMIA ESTATAL Y PRIVADA

El programa de Dasonomía Estatal y Privada ha sido diseñado para trabajar de cerca con las agencias de recursos naturales del gobierno local y brindar asistencia para beneficios del público. El programa del IIDT se concentra en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los E.E.U.U. Su meta es compartir recursos e ideas a fin de maximizar la cooperación y el grado de eficiencia de todas estas agencias. El IIDT tiene planes de expandir su programa de Dasonomía Estatal y Privada. Los proyectos actuales incluyen ofrecer asistencia al Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico en el inventario y la investigación del uso de suelos y la botánica de cada uno de los Bosques Estatales. Se recopilará la información y se usará para ofrecer información al público a través una serie de folletos.

BOSQUE NACIONAL DEL CARIBE

Los empleados del Bosque Nacional del Caribe están a cargo del manejo de día a día de este bosque tropical de 28,000 acres de extensión. El énfasis del programa de manejo del Bosque incluye: recreación, vida silvestre, cuencas hidrográficas y programas de uso especial. El personal del Bosque Nacional del Caribe trabaja con personal de IIDT en proyectos que incluyen estudios de los clientes, usuarios y recreación; estudios de cuencas hidrográficas y; brinda ayuda a través del Sistema de Información Geográfica para el desarrollo de mapas de la cuencia hidrográfica de Bisley. La información del Sistema de Información Geográfica se comparte también con otros colaboradores. Los equipos de vida silvestre del Bosque Nacional del Caribe ayudan al personal del IIDT con los inventarios de aves neotropicales en el bosque.

LABORATORIO DE PRODUCTOS FORESTALES

El Laboratorio de Productos Forestales cuenta con una pequeña unidad en Puerto Rico que se concentra en el uso de los productos del bosque tropical y la micología tropical. La oficina central del Laboratorio de Productos Forestales ubica en Madison, Wisconsin y contribuye a la conservación y manejo de bosques al utilizar la ciencia y la tecnología para mejorar la utilización de la madera.

INVESTIGACIÓN EN PLANTACIONES FORESTALES

John K. Francis
Investigador Forestal

Los efectos del huracán Hugo están desapareciendo mientras que el recuerdo del evento pasa a la historia pero, eventualmente, otra catástrofe de esta naturaleza ciertamente ocurrirá. Los resultados de un estudio relacionando ráfagas máximas de huracán a daños en los árboles puede ayudar a predecir y a evitar daños futuros. Los grados de daño en 1226 árboles de 81 especies en 18 sitios en el Caribe con ráfagas máximas variando entre 56 y 322 km/hr, fueron notados. Los daños (defoliación, quiebra de ramas menores, quiebra de ramas mayores, tronco partido, y árbol derribado) empezaron con ráfagas de aproximadamente 60 km/hr, aumentando rápidamente con ráfagas hasta de aproximadamente 130 km/hr, y aunque el efecto fue muy variable, no empeoró con las ráfagas de velocidad más alta. Las formas de daño más severas aparentemente fueron evitadas por las especies latifolias resistentes a huracanes ya que la superficie de la copa rápidamente se redujo con la pérdida de hojas y ramitas. Las palmas fueron más resistentes a los daños del viento que los árboles latifolios (Francis y Gillespie 1993).

Una lista de pesos y los resultados de pruebas de germinación para 119 especies de árboles y arbustos puertorriqueños se publicaron recientemente. Los pesos de frutos también se presentan para 34 de las especies (Francis y Rodríguez 1993). Durante el año pasado, monografías de siete especies nuevas se han agregado al Manual de Silvicultura Tropical: *Casuarina equisetifolia, Cocos nucifera, Genipa americana, Micropholis chrysophylloides, Alchornea latifolia, Moringa oleifera,* y *Pouteria multiflora* (Parrotta 1993a, Parrotta 1993b, Francis 1993a, Weaver 1993, Francis 1993, Parrotta 1993c, Parrotta y Francis 1993).

Desde 1988, un registro de árboles campeones de Puerto Rico se ha mantenido en el Instituto. Las reglas de la Comisión Forestal de Norte América se utilizan para las medidas y la asignación de puntos para cada árbol registrado. Actualmente, hay 146 especies representadas que varían en tamaño desde la ceiba gigante de Mayagüez hasta varios pequeños árboles de especies poco conocidas. La lista se actualiza constantemente al recibir las sumisiones nuevas.

LITERATURA CITADA

Francis, J.K. 1993a. *Genipa americana* L. Jagua, genipa. SO-ITF-SM-58. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Francis, J.K. 1993b. *Alchornea latifolia* Sw. Achiotillo. SO-ITF-SM-60. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Francis, J.K. y A.J.R. Gillespie. 1993. Relating gust speed to tree damage in Hurricane Hugo, 1989. Journal of Arboriculture 19(6):368-373.

Francis, J.K. y A. Rodríguez. 1993. Seeds of Puerto Rican trees and shrubs: second installment. Res. Note. SO-374. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Parrotta, J.A. 1993. *Casuarina equisetifolia* L. ex J.R. & G. Frost. Casuarina, Australian pine. SO-ITF-SM-56. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 11 p.

Parrotta, J.A. 1993b. *Cocos nucifera* L. Coconut, Coconut palm, Palma de coco. SO-ITF-SM-57. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p.

Parrotta, J.A. 1993c. *Moringa oleifera* Lam. Reseda, horseradish tree. SO-ITF-SM-61. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.

Parrotta, J.A. y J.K. Francis. 1993. *Pouteria multiflora* (A. DC.) Eyma. Jacana, Bully-tree. SO-ITF-SM-62. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Weaver, P.L. 1993. *Micropholis chrysophylloides* Pierre Caimitillo. SO-ITF-SM-59. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.

INVESTIGACIÓN Y MANEJO FORESTAL/COOPERACIÓN INTERNACIONAL

Peter L. Weaver
Investigador Forestal

PUERTO RICO

Un artículo sobre la distribución e historia de vida de *Micropholis chrysophylloides*, una especie maderera de los bosques montanos bajos pluviales al igual que de los bosques montanos pluviales, fue preparado para el Manual de silvicultura (Weaver 1993a). La distribución natural de esta especie caribeña incluye Puerto Rico y las Antillas Menores desde St. Kitts hasta Granada. En adición, se iniciaron actividades de cooperación con el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico para desarrollar un plan de manejo en sus 175 ha en el noreste de la isla, en la reserva natural de Las Cabezas de San Juan (El Faro).

ST. JOHN, ISLAS VÍRGENES DE LOS ESTADOS UNIDOS

Todos los tallos residuales en dieciseis parcelas permanentes de 50 x 10 m establecidas en Cinnamon Bay en 1983 y remedidas 3 meses antes del huracán Hugo en 1988, fueron remedidas otra vez en julio de 1993. Se anotaron también el reclutamiento y la mortalidad y se estimó la tasa de herbivorismo de 25 especies de árboles comunes. Esta información está siendo actualmente analizada. También durante julio, algunos investigadores envueltos en estudios terrestres en St. John colaboraron con el personal del Servicio de Parques para formular una propuesta de inventario y monitoreo a largo plazo para el Parque Nacional de las Islas Vírgenes.

BRASIL

Se evaluaron las oportunidades para la investigación forestal, la transferencia de tecnología y el manejo de bosques durante un viaje de 7 semanas a Manaus, Santarem y Belem, en el Amazonas Brasileño (Weaver 1993b). Las actividades forestales y los intereses de las instituciones gubernamentales, de las universidades y ONGs, y de los cooperadores extranjeros fueron revisados y resumidos. Además, un artículo sobre "Manejo de los bosques secundarios" fue presentado en el simposio/taller titulado "Manejo y Rehabilitación de las Tierras Degradadas y los Bosques Secundarios en Amazonia", dado en Santarem.

ANTIGUA

Se inició un proyecto cooperativo llamado "Veredas de la Naturaleza de Represa de Wallings" para proteger y utilizar el sitio de la Represa de Wallings en el sur de Antigua. La División Forestal de la Isla, utilizando fondos de la Oficina Forestal Internacional, está actualmente trabajando a través de la Fundación de los Recursos de la Islas (Islas Vírgenes de los Estados Unidos) para medir el terreno y levantar un plan de manejo para las veredas de Walling. La División Forestal va a desarrollar letreros interpretativos para las especies importantes de la flora y la fauna, así como también para la herencia cultural del lugar. Se prepara a la vez un folleto descriptivo del lugar.

GRANADA

Un proyecto cooperativo llamado "Conservación y Demostración en Granada" fue iniciado con la División Forestal del Ministerio de Agricultura, el Cuerpo de Paz y el IIDT, utilizando fondos de la Oficina Forestal Internacional. El proyecto incluye la rotulación y medición de los árboles en Grand Etang y el desarrollo de veredas interpretativas naturales en el remanente bosque estacional de Morne Delice y el remanente bosque pluvial en Gran Bras.

MONSERRATE

Se iniciaron dos proyectos cooperativos con la División Forestal de Monserrate utilizando fondos de la Oficina Forestal Internacional y trabajando a través de la Fundación de los Recursos de la Islas. El primer proyecto envuelve la reforestación en 3 terrenos del gobierno usando numerosas especies para producir madera, forraje, y productos menores, y para proveer protección a las cuencas hidrográficas. El segundo proyecto proveerá un plan de manejo para "Las Veredas de la Naturaleza de Galways" en la parte sur de la isla, comenzando alrededor de las fumarolas. Letreros interpretativos de especies de plantas y animales, paradas en las veredas para los excursionistas, y un folleto descriptivo están también programados.

LITERATURA CITADA

Weaver, P.L. 1993a. *Micropholis chrysophylloides* Pierre, Caimitillo. SO-ITF-SM-59. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.

Weaver, P.L. 1993b. Trip report: forestry research, management and technology transfer opportunities in Amazonia (Belem, Manaus, Santarem). International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 33 p. (Reporte interno).

INVESTIGACIONES DE PLANTACIONES FORESTALES: REHABILITACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS

John A. Parrotta
Investigador Forestal

Cada año, aproximadamente 11.1 millones de hectáreas de bosques tropicales se ven destruidos o degradados por la expansión de la agricultura, la cosecha de leña, y la corta impropia de árboles (Lanly 1982; WRI/IIED 1988). Otros 7 a 8 millones de hectáreas de tierras cultivadas se ven abandonadas por razones de degradación causadas por la erosión, la anegación de suelos, la salinización, la alcalinización, y la abarrotación de terrenos de pasto (WRI/IIED 1988; Kovda 1983). Las investigaciones forestales pueden ayudar en la rehabilitación de estas tierras mediante el desarrollo de técnicas silviculturales para optimizar rendimientos a corto plazo de madera, leña, y otros productos de bosques, mejorar la fertilidad de los suelos, y acelerar la sucesión de bosques secundarios en sitios degradados.

Durante el último año, las investigaciones del IIDT en esta área han incluido estudios a largo plazo en Puerto Rico, estudios colaborativos en la India, y un taller/simposio sobre el manejo y rehabilitación de tierras degradadas y bosques secundarios en Amazonia, realizado en abril de 1993 en Brasil.

En Puerto Rico, nuestros estudios están comparando plantaciones mono-específicas y poli-específicas establecidas en suelos arenosos con respecto a productividad, reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, y efectos sobre la fertilidad de suelos. Estos estudios, comenzados en 1989 en cooperación con la Universidad de Puerto Rico, incluyen dos especies que fijan nitrógeno (*Casuarina equisetifolia* y *Leucaena leucocephala*) y *Eucalyptus robusta*. Un aspecto importante de este proyecto es el desarrollo de técnicas de enriquecimiento con ^{15}N para calcular la fijación biológica de nitrógeno en árboles tropicales. Un resumen de resultados sobre crecimiento, rendimiento, fijación de nitrógeno y efectos sobre suelos se presentan en las Tablas 1 y 2.

En cooperación con el Centro de Pesquisa Agroflorestal de Amazonia Oriental (EMBRAPA/CPATU) y el Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), el IIDT organizó un taller/simposio sobre el tema de manejo y rehabilitación de tierras degradadas y bosques secundarios en Amazonia, realizado en abril de 1993 en Santarém, Brasil. Los objetivos primarios del taller/simposio fueron los de facilitar el intercambio de conocimiento y experiencia pertinente al manejo de tierras forestales degradadas en la región Amazónica, y evaluar el estado del conocimiento en las áreas de rehabilitación de ecosistemas forestales y manejo de bosques secundarios, e identificar prioridades para estudios científicos. Más de 160 científicos y administradores de recursos forestales asistieron a este evento, representando más de 50 organizaciones (agencias de gobierno, ONG's, universidades, institutos de investigación, y organizaciones internacionales de Brasil, otros países de América Latina, América del Norte, Europa, y Africa). Los procedimientos del simposio están en proceso de preparación.

Investigaciones sobre la rehabilitación de tierras extremadamente degradadas, caracterizada por suelos salino-alcalino en la región norte de la India se iniciaron durante el Año Fiscal 1993 en colaboración con el TATA Energy Research Institute (Nueva Deli) y el Instituto Nacional de Investigaciones Botánicas (Lucknow). Estos estudios se enfocan en los efectos de la selección de especies arbóreas y el manejo de la vegetación del sotobosque y

Tabla 1. -*Crecimiento, producción aérea, y fijación biológica de nitrógeno en plantaciones de 4 años de edad de* Casuarina equisetifolia, Leucaena leucocephala, *y* Eucalyptus robusta *en Toa Baja, Puerto Rico.*

	Diámetro basal promedio	Altura promedio	Biomasa aérea total promedio	Fijación de promedio
	cm	metros	t/ha	kg/ha/yr
Rodales mono-específicos				
Casuarina	7.7 ± 0.6	11.2 ± 0.6	105 ± 4	90 ± 39
Leucaena	7.0 ± 0.4	9.6 ± 0.9	72 ± 18	96 ± 20
Eucalyptus	10.0 ± 0.4	10.2 ± 0.4	62 ± 2	0
Rodales poli-específicos				
Casuarina/Leucaena				
Casuarina (50%)	9.2 ± 0.2	11.3 ± 0.9	90 ± 14	44 ± 22
Leucaena (50%)	5.8 ± 0.2	10.0 ± 0.9	34 ± 3	49 ± 15
total			124 ± 12	92 ± 31
Casuarina/Eucalyptus				
Casuarina (50%)	10.1 ± 0.8	13.0 ± 0.3	69 ± 10	53 ± 25
Eucalyptus (50%)	10.4 ± 0.3	11.3 ± 0.2	27 ± 4	0
total			96 ± 13	53 ± 25
Leucaena/Eucalyptus				
Leucaena (50%)	7.6 ± 0.7	10.9 ± 0.8	69 ± 22	30 ± 5
Eucalyptus (50%)	11.0 ± 0.6	10.6 ± 0.8	31 ± 5	0
total			100 ± 23	30 ± 5

Tabla 2. -*Propiedades físicas y químicas del suelo (0-40* cm *de profundidad) en plantaciones a 3 años de edad de* Casuarina equisetifolia, Leucaena leucocephala, *y* Eucalyptus robusta *y rodales "control" en Toa Baja, Puerto Rico.*

Tratamiento	Densidad	ECEC	Nutrientes disponibles					
			N	P	K	Ca	Mg	Na
	g/cm^3	pH meq/100g	g/m^2					
Parcelas mono-específicos								
Casuarina	1.10	7.88 14.7	390	2.36	13.5	1124	101.8	77.9
Leucaena	1.16	7.85 12.9	407	2.29	11.6	968	54.0	92.1
Eucalyptus	1.13	8.01 9.1	327	1.99	11.6	705	42.5	40.7
Parcelas poli-específicos								
Casuarina/Leucaena	1.18	7.77 9.6	414	2.48	13.5	744	69.3	35.9
Casuarina/Eucalyptus	1.11	7.75 9.9	485	2.68	13.4	706	72.6	39.3
Leucaena/Eucalyptus	1.11	7.50 9.4	452	2.77	15.8	647	76.5	46.4
Parcelas "control"	1.19	7.91 7.7	362	2.10	13.5	621	55.9	7.2

hojarasca sobre los procesos de desarrollo de fertilidad de suelos y regeneración de especies de bosques secundarios.

LITERATURA CITADA

Lanly, J.P. 1982. Tropical forest resources. FAO For. Pap. 30. Rome: Food and Agriculture Organization. 106 p.

Parrotta, J.A., D.D. Baker, y M. Fried. 1994a. Application of N-enrichment methodologies to estimate nitrogen fixation in *Casuarina equisetifolia*. Canadian Journal of Forest Research. 24(2):201-207.

Parrotta, J.A., D.D. Baker, y M. Fried. 1994b. Estimation of nitrogen fixation in *Leucaena leucocephala* using ^{15}N-enrichment methodologies. *En*: McKey, D; Sprent, J.I., editores. The Nitrogen Factor. Advances in Legume Systematics, volume 6. Kew, UK: Royal Botanic Gardens.

World Resources Institute/IIED. 1988. World Resources 1988-1989. New York: Basic Books. 372 p.

INVENTARIO FORESTAL

S. Alemañy, I. Vicens, y J. Ramírez
Dasónomo Forestal, y Técnicos en Biología Forestal

El entender los efectos que el uso de la tierra ejerce sobre la estructura de la vegetación y la sucesión de una comunidad trópico-forestal es un aspecto básico para poder desarrollar un manejo sabio y prácticas forestales sostenibles. Cinco áreas comprenden el estudio realizado (tabla 1) dentro del Bosque Experimental de Luquillo, las cuales fueron debidamente marcadas y medidas. Durante las décadas del cuarenta y cincuenta, los rodales fueron originalmente establecidos por el Dr. Frank Wadsworth y desde entonces han sido estudiados periódicamente. El objetivo primordial de este trabajo es reevaluar así como ampliar la cadena de rodales y parcelas permanentes, desarrollar y estandarizar la red de rodales y parcelas existentes y manejar un sistema de datos para futuros estudios a largo plazo en dicho bosque.

La Condesa (fig. 1) representa un bosque subtropical húmedo de acuerdo a lo descrito por Holdridge (1967) en las zonas de vida ecológica. Cuatro de los rodales forman parte de un bosque subtropical muy húmedo conocido localmente como bosque tabonuco, según afirma Wadsworth (1951).

Los cuatro rodales de mayor tamaño están compuestos de por lo menos un conjunto de 100 parcelas en línea equidistantes (tabla 1). Las parcelas son circulares con un radio de 16.05 m y un área de 0.0809 ha. Se midieron todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) de por lo menos 9.1 cm y se registraron un total de 23 parámetros por árbol. La parcela EV3 tuvo una estructura diferente de 60 m x 120 m para un área total de 0.72 ha.

La diversidad, dominancia y riqueza de las especies así como el uso de la tierra varió entre las áreas (las cinco comprendidas) de la comunidad forestal estudiada (tabla 2). La parcela EV3 representa un bosque de sucesión avanzada y posee una elevada área basal (tabla 1) de 42.45 m^2/ha. La especie *Dacryodes excelsa* (tabonuco) posee el valor de importancia relativa mayor. Otras especies dominantes de dicha parcela son: *Prestoea montana, Manilkara bidentata, Tetragastris balsamifera* y *Sloanea berteriana* lo cual representa un orden típico de dominancia en bosque tabonuco (tabla 2).

Argumentan Crow y Weaver (1977) que la parcela Sabana 4 representa un bosque maduro que nunca ha sido cultivado o utitizado para pastoreo. La información obtenida demuestra que la especie con el valor de importancia relativa mayor es *Dacryodes excelsa* compartiendo el área con *Prestoea montana* (palma de sierra) y *Sloanea berteriana* (motillo); sin embargo, su área basal es sólo de 18.09 m^2/ha. El hecho de que este rodal se encuentra hacia barlovento pudiera explicar el porqué de su baja área basal en comparación con EV3. La parcela Sabana 8 fue casi totalmente cultivada en un tiempo (Crow y Weaver 1977) y la Condesa estaba cultivada en un 95% cuando el Servicio Forestal estableció un sistema agroforestal tipo Taungya con los parceleros del lugar. Ninguno de estos rodales posee *Dacryodes excelsa* como especie dominante, aunque *Prestoea montana*, en el rodal de Sabana 8 así como en los otros rodales a excepción de La Condesa, está entre las primeras tres especies en valor de importancia relativa. No se observan diferencias significativas en las curvas de distribuciones lognormales (Whittaker 1970) entre el rodal de La Condesa y el resto de los rodales; sin embargo, el componente de las especies con mayor valor de importancia relativa es totalmente diferente (fig. 1).

Un mapa de 1934 muestra la zona de pastoreo de Quebrada Grande en bajas elevaciones, el bosque deforestado en zonas de elevación intermedia y palma de sierra en pendientes y elevaciones altas. (Crow y Weaver

Tabla 1. *-Area, cantidad de árboles, densidad y área basal de cinco rodales con estudios longitudinales en el Bosque Experimental de Luquillo.*

Rodales	Area	Arboles	Densidad	Area Basal
	ha	d.a.p.>9.1CM	tallos/ha	m^2/ha
Sabana 8	8.74	3486	398.84	17.03
Sabana 4	8.66	2483	286.74	18.09
Río Grande	8.34	4029	483.35	21.53
Condesa	9.3	5020	539.4	21.01
EV3	0.72	616	855.55	42.07

Tabla 2. *-Rango de las especies y sus valores de importancia en cinco áreas del Bosque Experimental de Luquillo.*

Area EV3 Especies	Importancia Relativa %	Area Sabana 4 Especies	Importancia Relativa %
D. excelsa Vahl	38.72	*D. excelsa* Vahl	23.22
P. montana (R. Graham) Nichols	18.85	*P. montana* (R. Graham) Nichols	15.01
M. bidentata (A. DC.) A. Chev.	12.11	*S. berteriana* Choisy	10.15
T. balsamifera (Sw.) Kuntze	5.56	*M. garcinifolia* Pierre	5.72
B. capitata (Vahl) Eienl.	3.04	*I. laurina* (Sw.) Wild.	4.08
S. berteriana Choisy	2.25	*A. floribunda* (Benth.) Muell. Arg.	3.58
AREA CONDESA ESPECIES		AREA QUEBRADA GRANDE ESPECIES	
T. heterophylla (DC.) Britton	20.29	*P. montana* (R. Graham) Nichols	15.76
C. antillanum Britton	6.11	*D. excelsa* Vahl	8.7
H. coubaril L.	5.26	*M. domingensis* (DC.) Radlk.	5.49
E. jambos (L.)	4.82	*T. heterophylla* (DC.) Britton	5.15
A. inermis (W. Wrigh) HBK.	4.8	*M. chrysophylloides* Pierre	4.96
T. grandis L.F.	3.74	*G. valenzuela* A. Rich.	4.82
AREA SABANA 8 ESPECIES			
T. heterophylla (DC.) Britton	13.54		
A. latifolia Sw.	9.53		
P. montana (R. Graham) Nichols	7.79		
C. carborea (L.C. Rich.) Mez	6.41		
I. laurina (Sw.) Wild.	5.43		

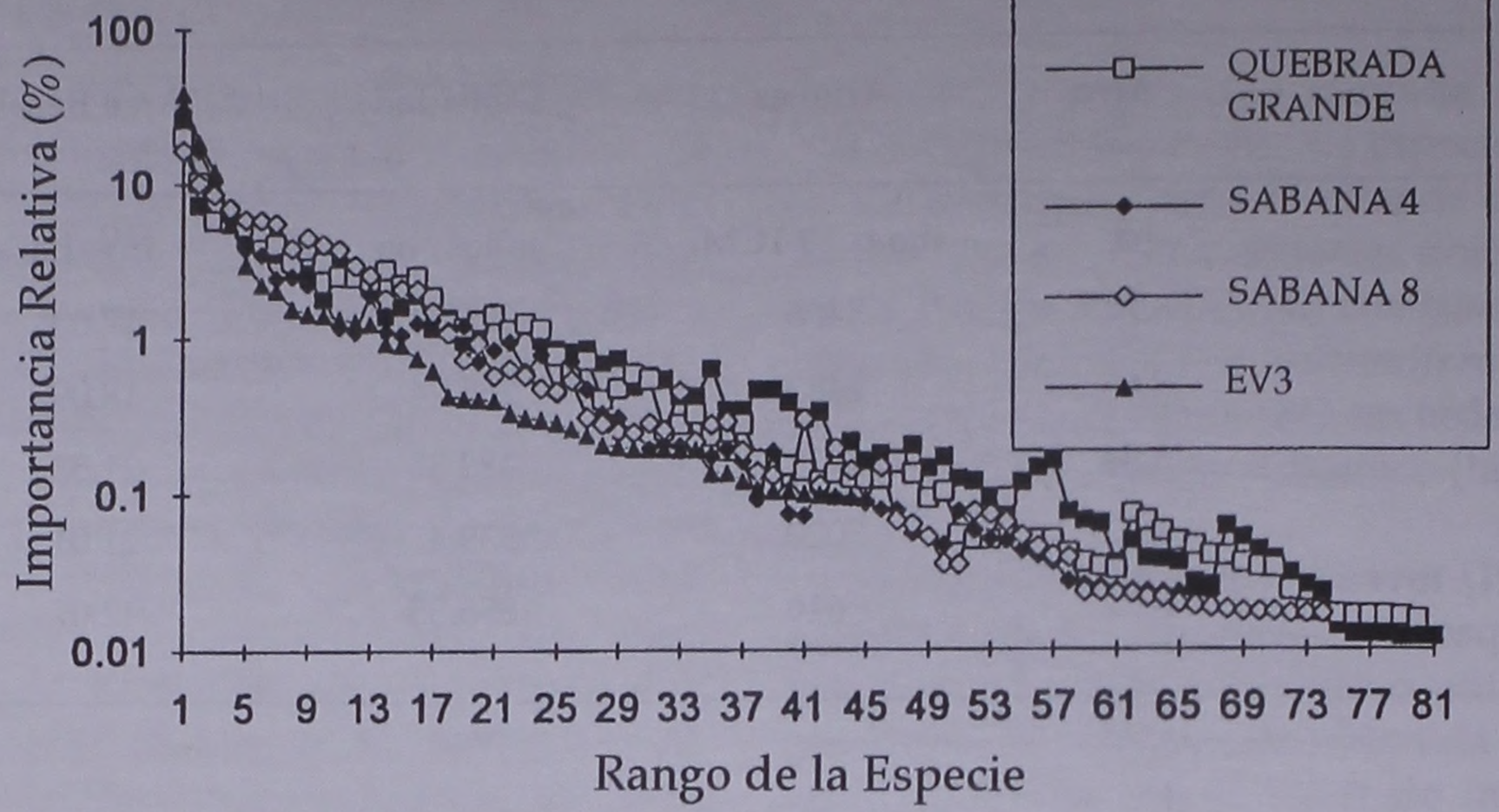


Figura 1. -*Distribuciones lognormales (Whittaker 1965).*

1977). *Dacryodes excelsa,* en relación a *Prestoea montana,* se encuentra clasificada segunda en valor de importancia relativa. *Tabebuia heterophylla* se encuentra entre las primeras tres especies entre los valores de importancia relativa en los rodales donde hubo mayor intensidad agrícola, siendo usualmente la especie dominante en la sucesión de un bosque secundario.

El tiempo promedio requerido para que un bosque sucesional alcance su fase primaria, la capacidad genética de las especies para adaptarse a los cambios, los disturbios y sus efectos periódicos en bosques tropicales y el manejo humano de éstos, son aspectos de contínua investigación y ciertamente influirán en el manejo de bosques tropicales.

LITERATURA CITADA

Crow, T.R.y P.L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry Paper ITF-22.

Lugo, A.E. 1991. Dominancia y diversidad de plantas en la isla de Mona. Acta Científica 5 (1-3):65-71.

Wadsworth, F.H. 1951. Forest management in the Luquillo Mountains. I. The setting. Caribbean Forester 12:93-114.

Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper SO-190. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Weaver, P.L. 1991. Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Interciencia 16(3):142-151.

Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plants communities. Science 147:250-260.

Whittaker, R.H. 1970. Communities and ecosystems. London, England: The McMillan Company. 162 p.

OTROS ESTUDIOS ECOLÓGICOS

Carlos D. Rodríguez Pedraza
Ecólogo

EFECTOS DEL HURACÁN HUGO SOBRE PLANTACIONES Y BOSQUES SECUNDARIOS APAREADOS EN EL BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO

El 18 de septiembre de 1989, Puerto Rico fue impactado por el huracán Hugo. Se estudiaron los efectos de este huracán sobre 4 rodales de plantaciones y 4 rodales de bosque secundario adyacentes, que fueron intensamente estudiados antes del huracán. Los efectos fueron clasificados según la tabla 1. Los rodales de plantación sufrieron efectos más severos (10 a 52% de la densidad total de árboles, fig. 1), que los rodales de bosque secundario apareados a ellos. La transferencia de biomasa fue mayor en los rodales de plantaciones (entre un 24 a 54% de la biomasa total en los cuatro rodales de plantaciones), inclusive en aquellos compartimientos en donde la biomasa de los rodales de bosque secundario fue mayor que la del rodal de la plantación (tabla 2).

El tamaño de los árboles y la estructura de los rodales son factores importantes que influencian los efectos que éstos puedan sufrir (fig. 2). Arboles con d.a.p. $\geq$ 10 cm sufrieron efectos más severos que árboles con d.a.p. < 10 cm. La reducción en área basal total producto del huracán en los cuatro rodales de plantaciones varía entre un 3.7 y 17.1 m^2/ha, mientras que en los rodales de bosque secundario apareados los cambios varían entre 1.4 y 4.8 m^2/ha (tabla 3). La reducción en la densidad total de árboles en los cuatro rodales de plantaciones varía entre 130 y 416 árboles/ha, mientras que en los rodales de bosque secundario apareados los mismos varían entre 73 y 300 árboles/ha.

Se estudiaron además los efectos de este huracán sobre las especies nativas en los diferentes rodales. Las especies nativas cuando ocurren en los rodales de plantación sufren efectos más severos que cuando se encuentran

Tabla 1. *-Sistema de clasificación de daños.*

Código	Nivel de daño
(0)	Sin daño
	Daño directo (moderado)
(1)	Defoliación
(2)	Daños menores a las ramas (< 50%)
(3)	Daños mayores a las ramas (> 50%)
	Daño directo (severo)
(4)	Tronco partido
(5)	Muerto de pie
(6)	Derribamiento (raíces expuestas)
	Daño indirecto (árboles vivos y muertos)
(7)	Daño causado por la caída de otro

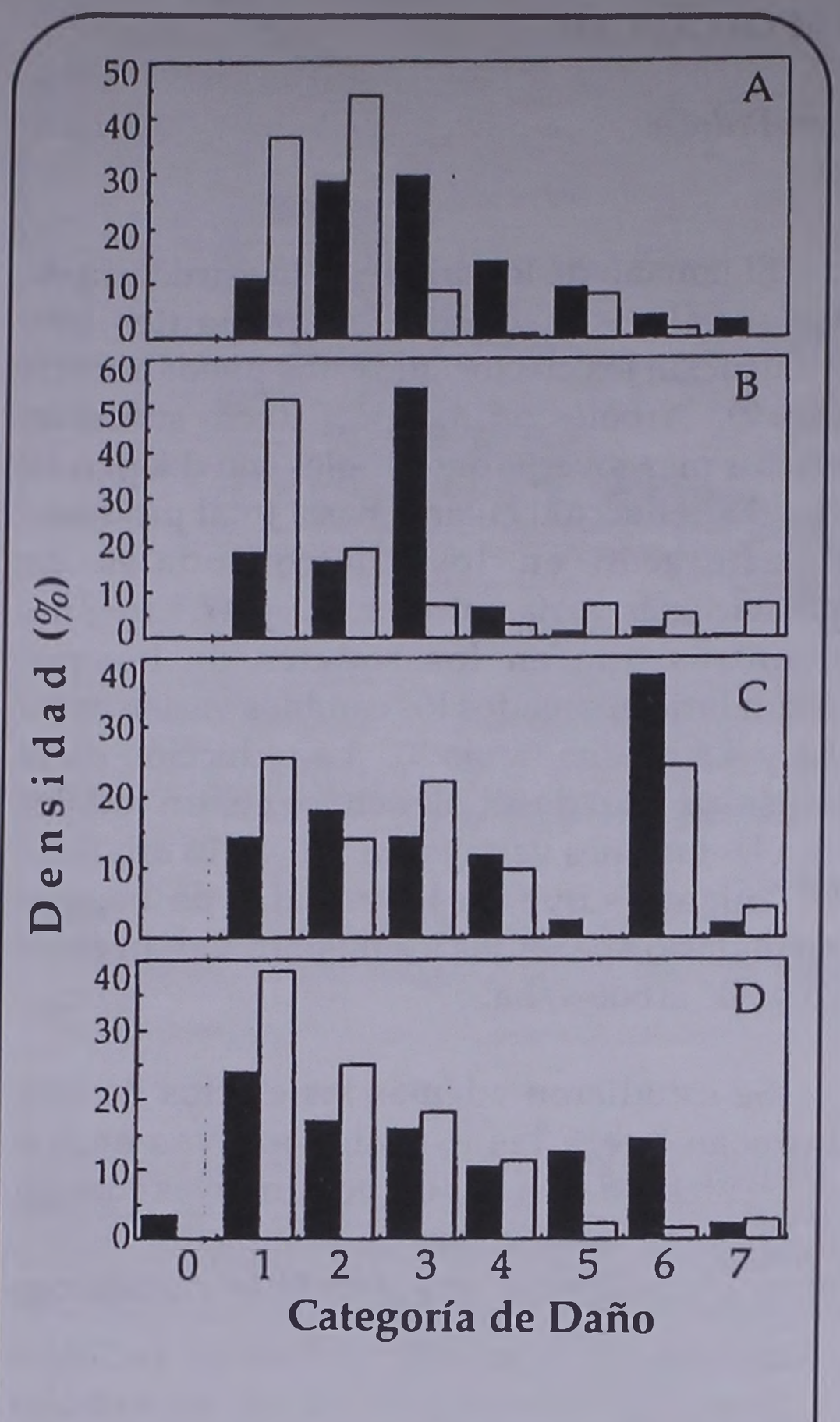


Figura 1. *-Daño expresado como porcentaje de la densidad total de árboles para los rodales de Guzmán (A), Cubuy (B), Sabana (C) y El Verde (D) en el Bosque Experimental de Luquillo. Las barras negras y blancas representan parcelas de plantación y bosque secundario respectivamente. Daños según Tabla 1.*

en rodales de bosque secundario (fig. 3). Los efectos severos para las especies nativas en los rodales de plantación (calculados para el grupo entero) fluctúan entre el 15 y 100% de la densidad total de árboles. Para las especies comparadas entre los rodales apareados (plantación y bosque secundario adyacente), fluctúan entre el 5 y 95% de la densidad total de árboles.

Estas diferencias entre los rodales pueden corresponder a las diferencias intrínsecas de la arquitectura de estas especies, a la especie en sí o al ambiente físico. El modelo esquemático en la fig. 4 compara la estructura de una plantación típica y su respuesta al huracán con la del bosque secundario adyacente.

Esta tesis de Maestría (Rodríguez Pedraza 1993) fue presentada y aprobada por la Universidad de Puerto Rico en abril de 1993. Dos manuscritos basados en ella, han sido sometidos a Biotropica para consideración de publicación.

EFECTOS DE LAS ACTIVIDADES RECREATIVAS EN LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN EL BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO

Los estudios sobre los efectos de la recreación en el trópico son escasos. De una bibliografía anotada de los impactos de actividades recreativas compilada por Cole y Schreiner (1981), ninguno de los 384 estudios allí incluídos era de los trópicos. De éstos, el 70% era de los Estados Unidos continentales solamente. Obviamente, los efectos de la recreación han sido bien observados en bosques templados, y las políticas de manejo han sido desarrolladas y puestas en práctica para minimizar el deterioro de áreas basados en ellos. ¿Pero pueden éstas ser aplicadas a bosques tropicales? Los bosques tropicales son ecosistemas complejos, y muy poco se conoce sobre los efectos de actividades recreativas en estos sistemas. Ya que la recreación al aire libre está en demanda y jugará un papel importante en el bosque, hemos comenzado el primer estudio relacionado para monitorear y cuantificar los efectos de estas actividades en el Bosque Experimental de Luquillo.

Los objetivos generales del estudio son de establecer rodales de investigación permanente (a base de transectos) en varias áreas para monitorear cambios en la vegetación y suelos a través del tiempo. También intentamos conocer las condiciones actuales de las áreas recreativas

Tabla 2. *-Ecuaciones utilizadas para estimar biomasa. Biomasa = y (kg), r^2 = coeficiente de determinación, MS = promedio al cuadrado (mean squared), p = probabilidad, d.a.p. = diamétro a la altura del pecho (cm), Ln = logaritmo natural.*

Especie	Ecuación	r^2	MS	P
Pinus caribaea[*]				
hojas	y =exp(2.367 x Ln(d.a.p.) -4.1465)	0.97	0.049	.0001
ramas	y =exp(3.121 x Ln(d.a.p.) -6.8785)	0.95	0.155	.0001
tronco	y =exp(3.121 x Ln(d.a.p.) -6.8785)	0.97	0.081	.0001
Swietenia macrophylla[†]				
hojas	y =exp(2.026 x Ln(d.a.p.) -3.733)	0.94	0.168	.0001
ramas	y =exp(2.785 x Ln(d.a.p.) -4.0935)	0.98	0.103	.0001
tronco	y =exp(2.281 x Ln(d.a.p.) -2.404)	0.94	0.212	.0001
Calophyllum calaba[≠]				
hojas	y =exp(2.615 x Ln(d.a.p.) -6.25)	0.99	0.014	.0001
ramas	y =exp(3.17 x Ln(d.a.p.) -5.515)	0.97	0.084	.0004
tronco	y =exp(1.858 x Ln(d.a.p.) -0.4978)	0.96	0.0310	.0005
Tabebuia heterophylla				
hojas	y =exp(1.783 x Ln(d.a.p.) -3.252)	0.84	0.28	.001
ramas	y =exp(2.597 x Ln(d.a.p.) -3.5605)	0.61	2.023	.02
tronco	y =exp(2.291 x Ln(d.a.p.) -2.545)	0.96	0.1	.0001
Cecropia schuberiana y Schefflera morototoni[§]				
hojas	y =exp(1.4493 x Ln(d.a.p.) -3.4895)	0.93	0.7189	n/d
ramas	y =exp(2.0615 x Ln(d.a.p.) -5.9361)	0.97	0.5108	n/d
tronco	y =exp(2.5431 x Ln(d.a.p.) -3.1392)	0.97	0.4148	n/d
Dacryodes excelsa y Tetragastris balsamifera[§]				
hojas	y =exp(1.7012 x Ln(d.a.p.) -2.935)	0.95	0.4948	n/d
ramas	y =exp(2.7596 x Ln(d.a.p.) -3.1392)	0.99	0.3915	n/d
tronco	y =exp(2.4539 x Ln(d.a.p.) -2.6529)	0.99	0.2824	n/d
Inga sp.[§]				
hojas	y =exp(1.523 x Ln(d.a.p.) -3.0222)	0.91	0.6202	n/d
ramas	y =exp(1.5719 x Ln(d.a.p.) -2.7857)	0.75	1.2011	n/d
tronco	y =exp(2.4791 x Lnd.a.p.) -2.355)	0.99	0.2704	n/d
Ocotea sp. y *Ormosia krugii*[§]				
hojas	y =exp(1.1593 x Ln(d.a.p.) -3.5929)	0.90	0.9089	n/d
ramas	y =exp(2.042 x Ln(d.a.p.) -4.6085)	0.83	1.5668	n/d
tronco	y =exp(2.500 x Ln(d.a.p.) -3.0308)	0.94	1.1080	n/d
Sloanea berteriana[§]				
hojas	y =exp(1.9104 x Ln(d.a.p.) -3.1646)	0.99	0.2962	n/d
ramas	y =exp(2.0525 x Ln(d.a.p.) -3.5683)	0.92	1.2054	n/d
tronco	y =exp(2.5008 x Ln(d.a.p.) -2.4032)	0.99	0.1865	n/d

Tabla 2. -(*continuación*).

Especie	Ecuación	r^2	MS	P
Otras especies**				
hojas	y =exp(1.6 x Ln(d.a.p.) +4.0425)/1000	0.75	0.989	.0001
ramas	y =exp(2.084 x Ln(d.a.p.) +4.003)/100	0.78	1.464	.0001
tronco	y =exp(2.106 x Ln(d.a.p) +5.3605)/100	0.86	0.865	.0001

*Lugo (1992).
†Weaver, P. Comunicación personal. Localizado en International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Río Piedras, PR 00928-5000.
≠Jordan, C. En archivo con International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Río Piedras, PR 00928-5000.
§Scatena *et al.* (1993).
**Ovington *et al.* (1970).
n/d = no disponible.

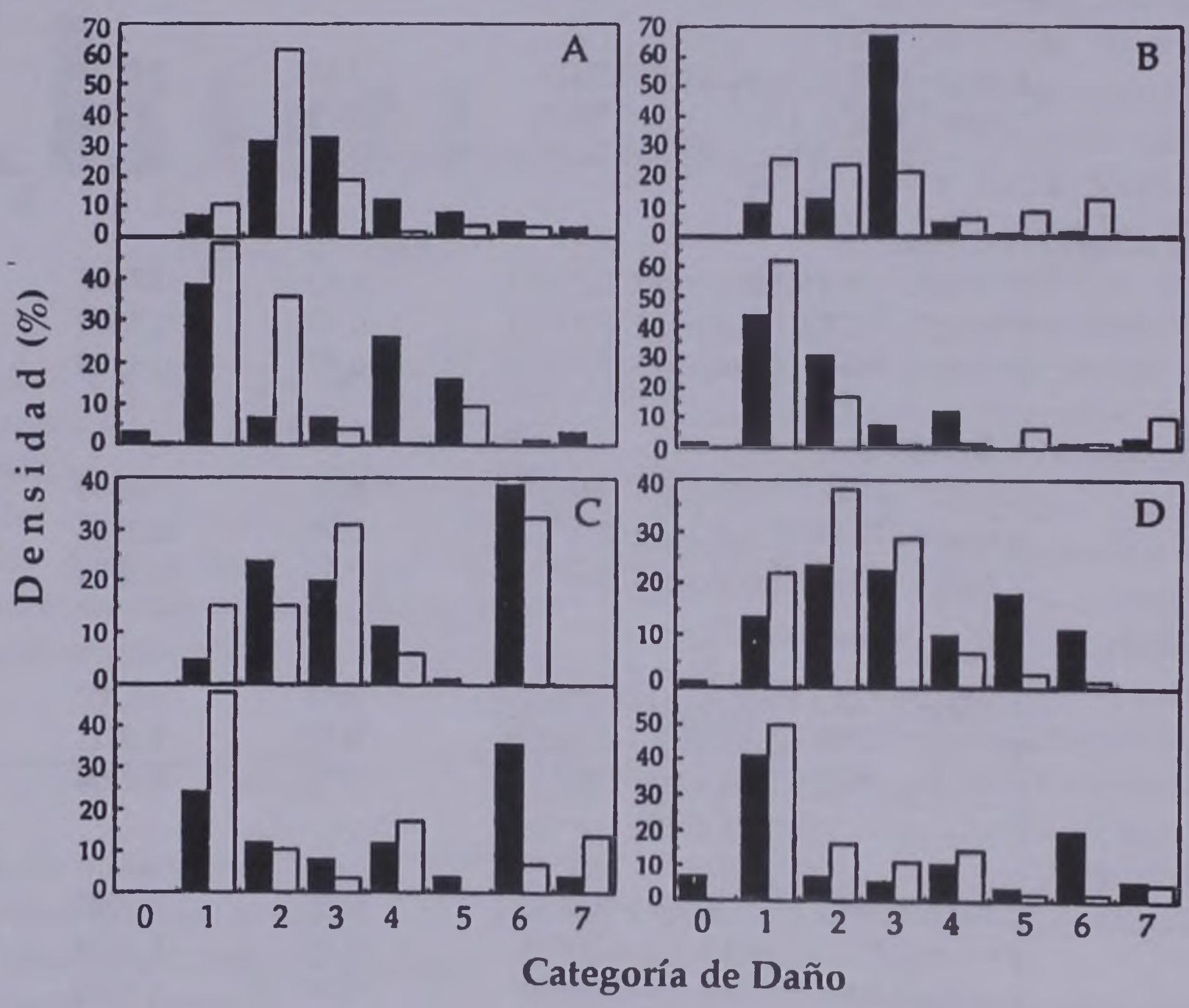


Figura 2. -*Distribución de daños por clases de diámetro expresado como el porcentaje de la densidad total de árboles para los rodales de Guzmán (A), Cubuy (B), Sabana (C) y El Verde (D), en el Bosque Experimental de Luquillo. Las barras negras y blancas representan parcelas de plantación y bosque secundario respectivamente. Arboles con d.a.p. ≥10cm, gráfica superior y árboles con d.a.p. <10cm, gráfica inferior. Daños según Tabla 1.*

Tabla 3. *-Cambios en área basal (m^2/ha) y densidad (t/ha) desde 1982 hasta 1989 en plantaciones y bosques secundarios pareados en el Bosque Experimental de Luquillo (Rodríguez Pedraza 1993).*

	Guzmán				Cubuy				Sabana				El Verde			
	Plantación		Bosque secundario		Plantación		Bosque secundario		Plantación		Bosque secundario		Plantación		Bosque secundario	
Año	área basal (m^2/ha)	densidad (a/ha)*	área basal (m^2/ha)	densidad (a/ha)	área basal (m^2/ha)	densidad (a/ha)	área basal (m^2/ha)	densidad (a/ha)	área basal (m^2/ha)	densidad (a/ha)	área basal (m^2/ha)	densidad (a/ha)	área basal (m^2/ha)	densidad (a/ha)	área basal (m^2/ha)	densidad (a/ha)
1982	213	1440	4.2	753	61.3	1869	28.1	2500	27.5	840	24.9	920	32.0	1225	34.4	1667
1984	26.5	1380	5.4	747	59.7	1822	29.7	2313	26.2	840	24.8	800	33.9	1025	35.2	1592
1989†	33.1	1160	7.6	680	62.6	1425	10.5	1938	39.0	816	25.6	510	28.5	800	35.4	1383
1989≠	26.2	850	6.2	607	58.9	1295	23.8	1638	21.9	400	20.3	21.1	21.1	531	32.7	1183

* Arboles/hectareas.

† Antes del huracán Hugo.

≠ Después del huracán Hugo.

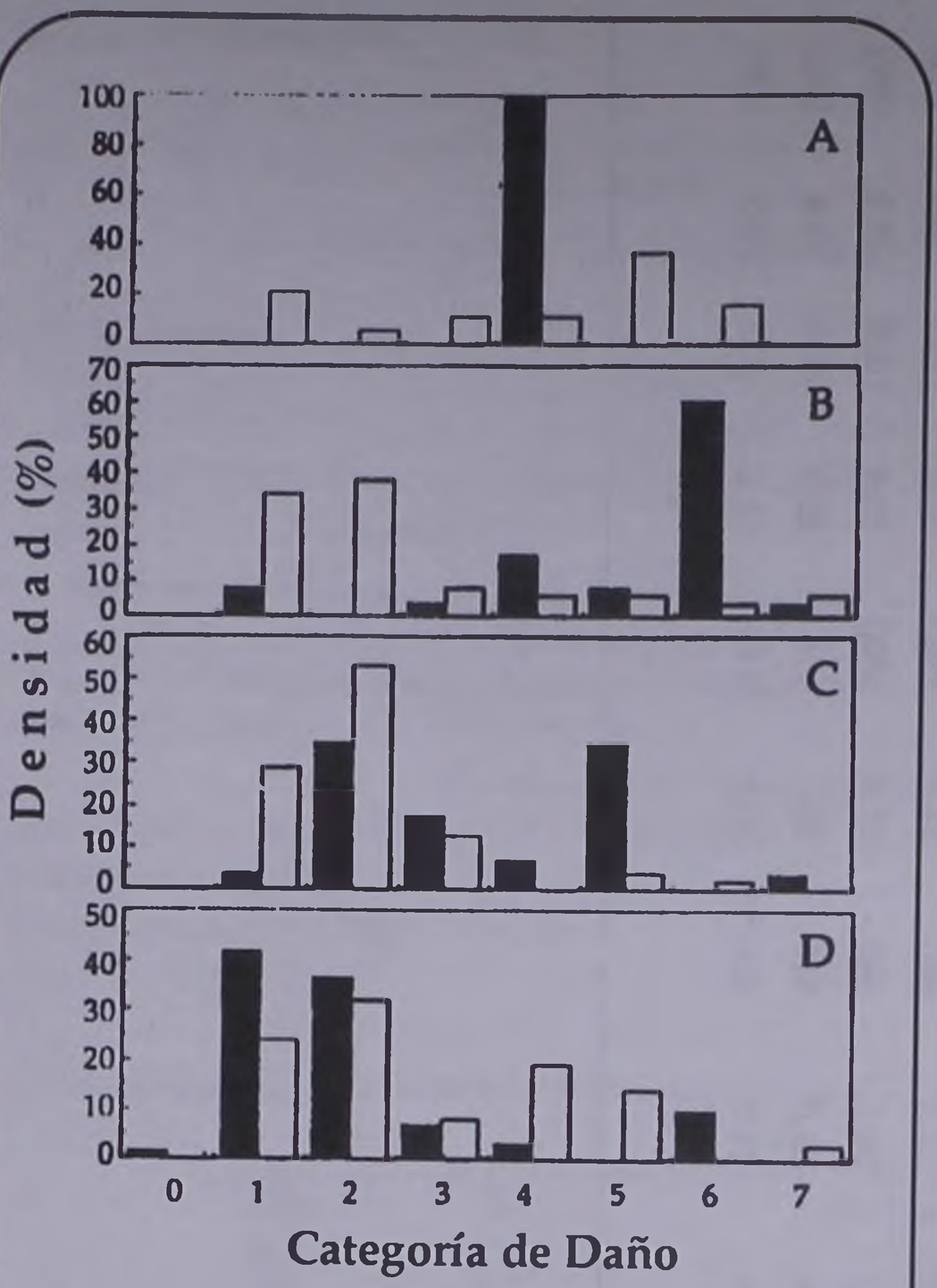


Figura 3. *-Daño expresado como porcentaje de la densidad total de árboles para las especies Schefflera morototoni (A) y Miconia prasina (B), Tabebuia heterophylla (C) y Casearia arborea (D) en rodales de plantación (negro) y bosque secundario adyacente (blanco), Bosque Experimental de Luquillo. Daños según Tabla 1.*

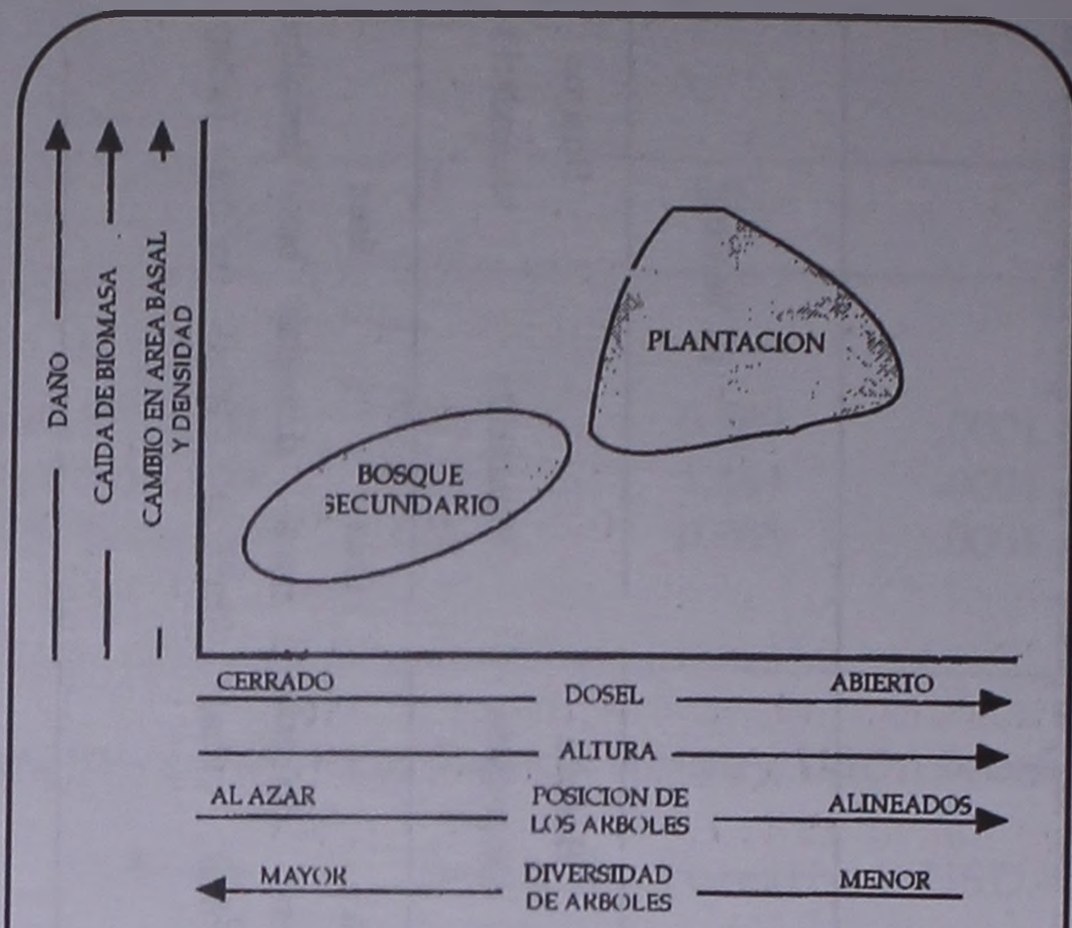


Figura 4. *-Comparación esquemática de la estructura de una plantación típica y su respuesta al huracán con la del bosque secundario adyacente (Rodríguez Pedraza 1993).*

en términos de estructura de comunidad de plantas. Para hacer ésto, compararemos veredas con diferentes niveles de intensidad de uso y diferentes sitios con condiciones edáficas y climáticas similares. Además, estos transectos servirán como áreas permanentes de estudio para otros científicos en otras áreas de investigación.

El primer transecto experimental en el área recreacional de Caimitillo ha sido completado. Datos sobre diversidad de especies, arbolitos, porcentajes de cobertura de vegetación y rocas han sido recolectados y están en proceso de análisis. Los resultados de este estudio proveerán información para el entendimiento de los bosques tropicales y proveerán una base científica para evaluar los impactos de la recreación y para desarrollar criterios de manejo en este tipo de ecosistema.

USO DE GPS CON IMÁGENES LANDSAT TM PARA IDENTIFICAR CULTIVOS PRINCIPALES EN FINCAS A LO LARGO DE LA CARRETERA TRANSAMAZONICA EN BRASIL

Imágenes de satélite Landsat TM están siendo utilizadas en un trabajo cooperativo por el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, USDA Forest Service (IIDT), el Centro de Pesquisa Agroforestal da Amazonia (CPATU/EMBRAPA), y la Superintendencia do Desenvolvimento da Amazonia (SUDAM) (Homma *et al.* 1993, Walker *et al.* 1993) a lo largo de la carretera Transamazónica en un proyecto que se enfoca en el papel de cultivadores migratorios e incendios en el mantenimiento de la cobertura de bosques en la Amazonia Brasileña. La tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, siglas en inglés)

ha jugado un papel importante en este estudio en indicar en el mapa con gran precisión los límites de las áreas de estudio, las cuales serán utilizadas para construir un sistema de clasificación de cobertura terrestre basado en éstos. En el verano de 1993 un colega brasileño, Pedro Mourao de Oliveira (SUDAM), y yo llevamos a cabo un censo de pequeños productores en el estado de Pará. Un detallado levantamiento de puntos con GPS fue llevado a cabo en 5 fincas. Un manuscrito ha sido aceptado para ser presentado en el Simposio Internacional en Recursos y Monitoreo de Ambiente (ECO RIO' 94) a ser celebrado en Río de Janeiro, Brasil en septiembre de 1994.

LITERATURA CITADA

Cole, D.N. y G.S. Schreiner. 1981. Impacts of backcountry recreation: site management and rehabilitation an annotated bibliography. USDA Forest Service, General Technical Report INT-121. Intermountain Forest and Range Experiment Station. 62 p.

Homma, A., R.T. Walker, F.N. Scatena, A.J. de Conto, R.A. Carvalho, A.C. Neves da Rocha, C.A. Ferreira, y A.I. Moreira dos Santos. 1993. A dinamica dos desmatamentos e das queimadas na Amazonia: uma analise microeconômica. *En:* Congreso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 31 Ilhéus-BA. 2:706-720.

Rodríguez Pedraza, C.D. 1993. Efectos del huracán Hugo sobre plantaciones y bosques secundarios pareados en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico. Tésis de Maestría. Universidad de Puerto Rico.

Walker, R.T., A. Homma, F.N. Scatena, A.J. de Conto, R.A. Carvalho, A.C. Neves da Rocha, C.A. Ferreira, A.I. Moreira dos Santos, y Oliveira. 1993. Sustainable farm management in the Amazon Piedemont. *En:* Congreso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 31 Ilhéus-BA. 2:706-720.

ESTUDIOS ECOLÓGICOS

Ariel E. Lugo
Ecólogo

EL MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD

La desaparición de especies como resultado de la deforestación y degradación de los terrenos de los bosques tropicales ha sido ampliamente discutida (Lugo *et al.* 1993). Se han utilizado modelos basados en la teoría de biogeografía isleña para evaluar la relación que existe entre la extinción de las especies y la deforestación (fig. 1). Los análisis demuestran que la resiliencia natural hace que los modelos sobreestimen las tasas de extinción de especies para diferentes grados de deforestación. Se pueden combinar los procesos naturales con actividades de manejo para reducir la extinción y devolver la riqueza de especies a dichas zonas degradadas. Como un ejemplo, señalamos cómo plantaciones tropicales de monocultivo pueden nutrir diversos bosques nativos en áreas previamente deforestadas (fig. 2, tabla 1). Lo más importante es que el buen manejo provee los medios para conservar la biodiversidad y restaurarla en los lugares que han sido degradados (tabla 2).

ECOLOGIA GLOBAL

Los cambios en el uso del terreno y las tasas de acumulación de carbono por el uso de éstos, incluyendo bosques maduros, cortados, barbechos forestales y tierras degradadas se han utilizado para estimar la función de los terrenos tropicales como depósitos de carbono atmosférico (Lugo y Brown 1992). Los

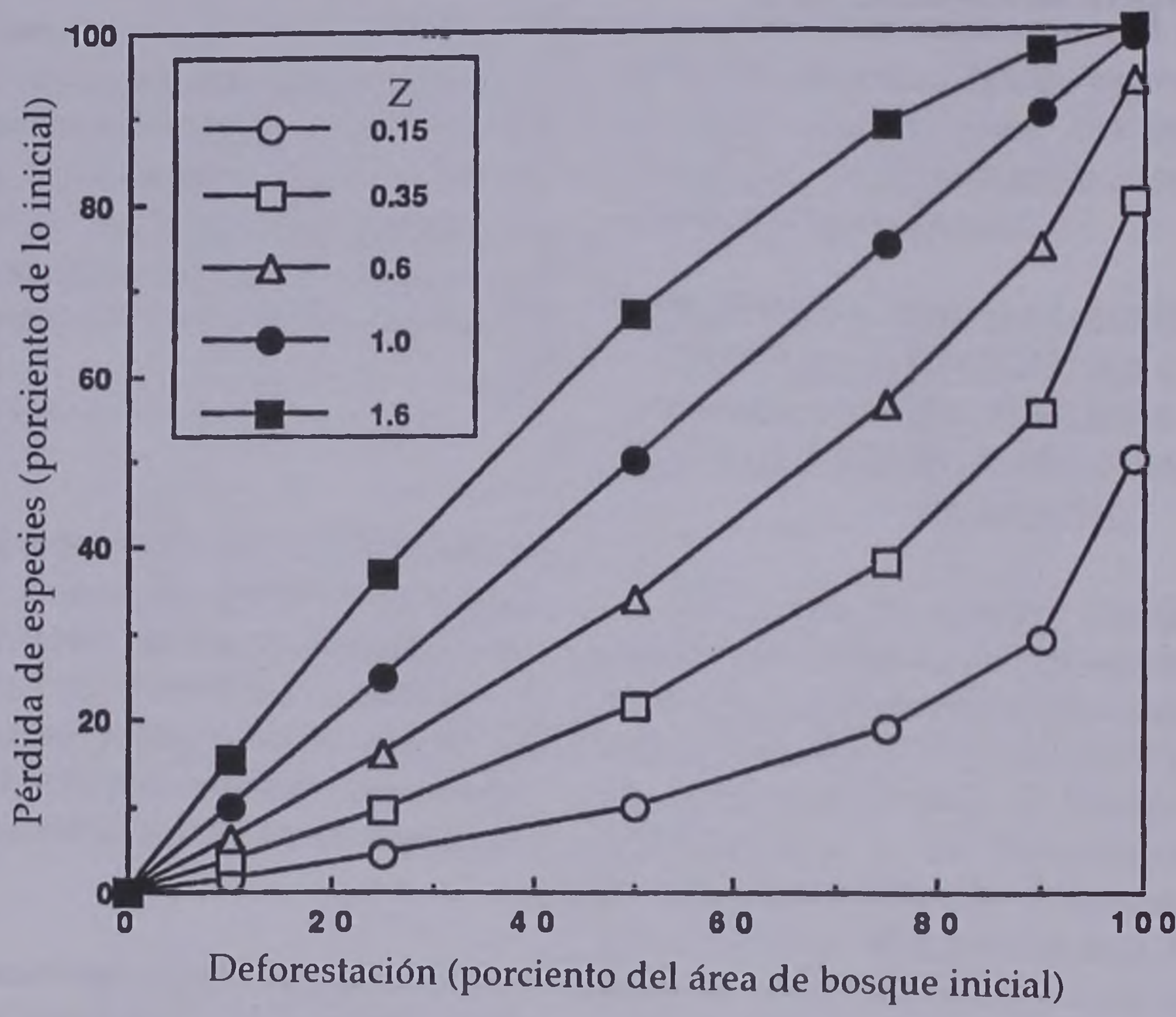


Figura 1. -*Relación entre la deforestación y la pérdida de especies por extinción utilizando diferentes pendientes (factor Z) para la curva especie-área.*

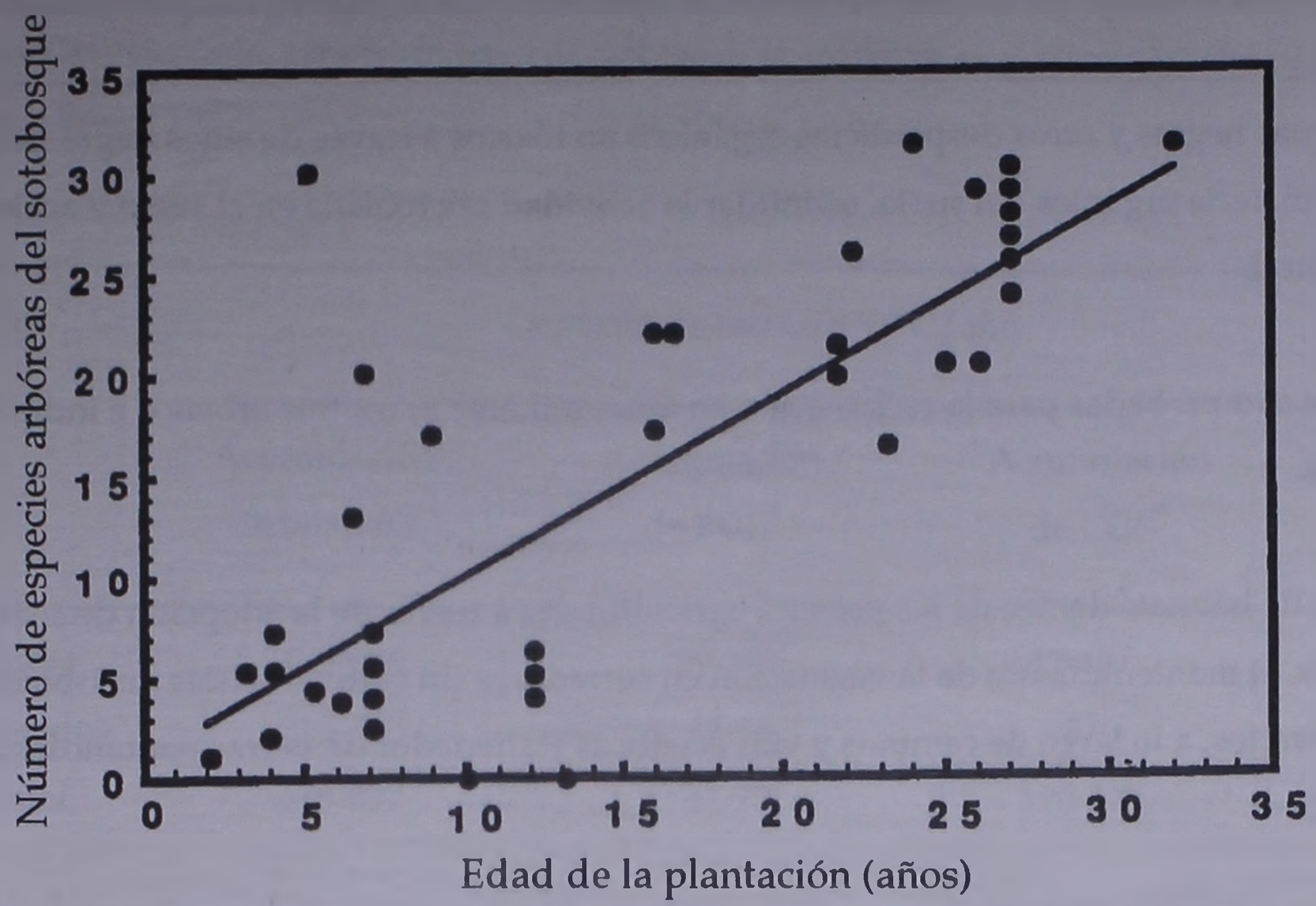


Figura 2. -*Relación entre el número de especies de árboles en el sotobosque de plantaciones de árboles y la edad de la plantación (Lugo et al. 1993). La relación para estos datos es* $y=0.74+ 0.93\ x$, ($r^2 = 0.62$).

Tabla 1. -*Características ecológicas de plantaciones que favorecen la biodiversidad del sotobosque. Basado en investigaciones en Puerto Rico (Lugo et al. 1983).*

Cambios en el Microclima:
Fluctuaciones moderadas en la temperatura y la humedad del sotobosque.
Proveen de condiciones de luz más favorables para la germinación y el desarrollo de las plántulas.
Cambios en las Propiedades Físicas y Químicas del Suelo:
Estabilización física/reducción de las tasas de erosión.
Aumentan la materia orgánica en el suelo y la capacidad para el intercambio catiónico.
Aumentan la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo a través de la hojarasca, la descomposición y los procesos microbiológicos en el suelo, tales como la fijación de nitrógeno y la actividad de las micorrizas.
Cambios en la Diversidad del Hábitat:
Aumentan el hábitat para los agentes dispersadores de semillas (aves, mamíferos, reptiles).
Aumentan la complejidad estructural del ecosistema, aumentando así el espacio para nichos, tanto para especies animales como vegetales.

Tabla 2. *-Actividades de manejo que aumentan el número de especies en sitios degradados o empobrecidos biológicamente.*

Reciclaje de aguas negras y otros desperdicios orgánicos no tóxicos a través de sitios degradados para aumentar la materia orgánica del suelo, estimular la actividad microbiana en el suelo y acelerar la sucesión natural.
Uso de técnicas comprobadas para la reclamación en áreas mineras y/o sitios urbanos e industriales abandonados.
Diversificación de hábitats dentro de los paisajes agriculturales a través de la adopción de sistemas agroforestales, el mantenimiento de la vegetación en corredores sin cultivar o islas de árboles entre terrenos cultivados, a lo largo de caminos y vías acuáticas y alrededor de tierras pantanosas u otros sitios sin cultivar.
Siembra múltiple de semillas en sitios deforestados y severamente degradados.
Uso de plantaciones forestales como ecosistemas de reemplazo para especies forestales indígenas.
Control de incendios, el forraje sin regular por el ganado y la recolección excesiva de leña para permitir los procesos de recuperación naturales con el objeto de aumentar la diversidad biológica.
El mejoramiento de la fertilidad del suelo, en particular la materia orgánica del suelo.

resultados indican que en 1980 los suelos tropicales pudieron haber removido entre 1.5 y 3.2 Pg de C de la atmósfera (tabla 3). Se excluyeron de los análisis alrededor de 900 millones de ha de bosques tropicales abiertos que pudieron también haber estado removiendo carbono de la atmósfera y unos 0.5 -0.6 Pg de C/año adicionales asociados a la exportación por los ríos y en productos de madera. Nuestros análisis retan la creencia sobre el estado estacionario en la acumulación del carbono en bosques tropicales maduros. Sugieren que grandes extensiones tropicales se están recuperando del disturbio y actúan como depósitos de carbono atmosférico. Nuestra atención está dirigida solamente hacia los depósitos de carbono atmosférico. En 1980 la cantidad de carbono acumulada en los terrenos que se estaban recuperando fue igual al flujo neto de carbono debido a la deforestación tropical.

El modelo prevaleciente para anticipar cambios en concentraciones de carbono orgánico del suelo (COS) con los cambios en el uso de terrenos postula reducciones en niveles de COS en sistemas bajo manejo (agricultura y plantaciones) en comparación a bosques tropicales maduros. Variaciones de este tipo se utilizan en modelos de carbono para predecir la función de los suelos tropicales en el ciclo global del carbono. Invariablemente, estos

Tabla 3. *-Intervalos potenciales para la remoción de carbono de la atmósfera en el paisaje forestal encerrado tropical (Lugo y Brown 1992).*

Uso de la Tierra	Depósito de carbono Tg C/año			
	Acumulación de biomasa	Acumulación de PGL*	Acumulación de COS*	Total
Bosques maduros	493-986	99-197	11-12†	603-1195
Bosques explotados	210-420	42-84	5†	257-509
Barbecho forestal	478-837	41-72	120-478	639-1387
Cuencas deforestadas≠	0	0	26-37	26-37
Plantaciones	15-53	0	0	15-53
Total	1196-2296	182-353	162-532	1540-3181

*PGL=partículas gruesas leñosas; COS=carbono orgánico del suelo.

†Tasas normales.

≠Excluye la reforestación, la cual aumentaría el secuestro de carbono.

modelos señalan los suelos tropicales como fuentes de carbono atmosférico. Hemos presentado datos procedentes de una variedad de estudios que demuestran que el COS en sistemas bajo manejo puede ser menor, igual, o mayor que en los bosques tropicales maduros y que el COS puede aumentar rápidamente luego del abandono de estos terrenos agrícolas (Lugo y Brown 1993). La historia del uso de los terrenos afecta la comparación de COS en ecosistemas bajo manejo con los naturales. Al revisar la literatura también se recalca la necesidad de tomar precauciones cuando se comparan los niveles de COS de los bosques tropicales maduros con los de ecosistemas bajo manejo (fig. 3). En estudios publicados, las omisiones más comunes han sido con relación a los usos previos del terreno, la densidad aparente y la falta de consistencia en la profundidad de los suelos al hacer los muestreos. Usando datos comparables de COS en una variedad de terrenos tropicales se estima que este tipo de suelo puede acumular entre 168 y 553 Tg de C/año. El barbecho forestal, que cubre alrededor de 250 millones de hectáreas, posee el mayor potencial para la acumulación de carbono entre los suelos tropicales. El prestar mayor atención al manejo puede resultar en mayores tasas de carbono acumulado que los predichos por los modelos corrientes de COS.

La biomasa aérea total puede estimarse utilizando una variedad de técnicas basadas en el uso de inventarios comerciales (tablas de volumen en rodales). En las tablas volumétricas de rodales en los países tropicales, comúnmente se omiten los árboles que están por debajo de cierto límite comercial, a menudo, < 35 cm. Las estimaciones de biomasa hechas a base de esas tablas no incluyen de un 25-45% de la biomasa total existente. Utilizando tablas volumétricas que se han preparado para grandes áreas

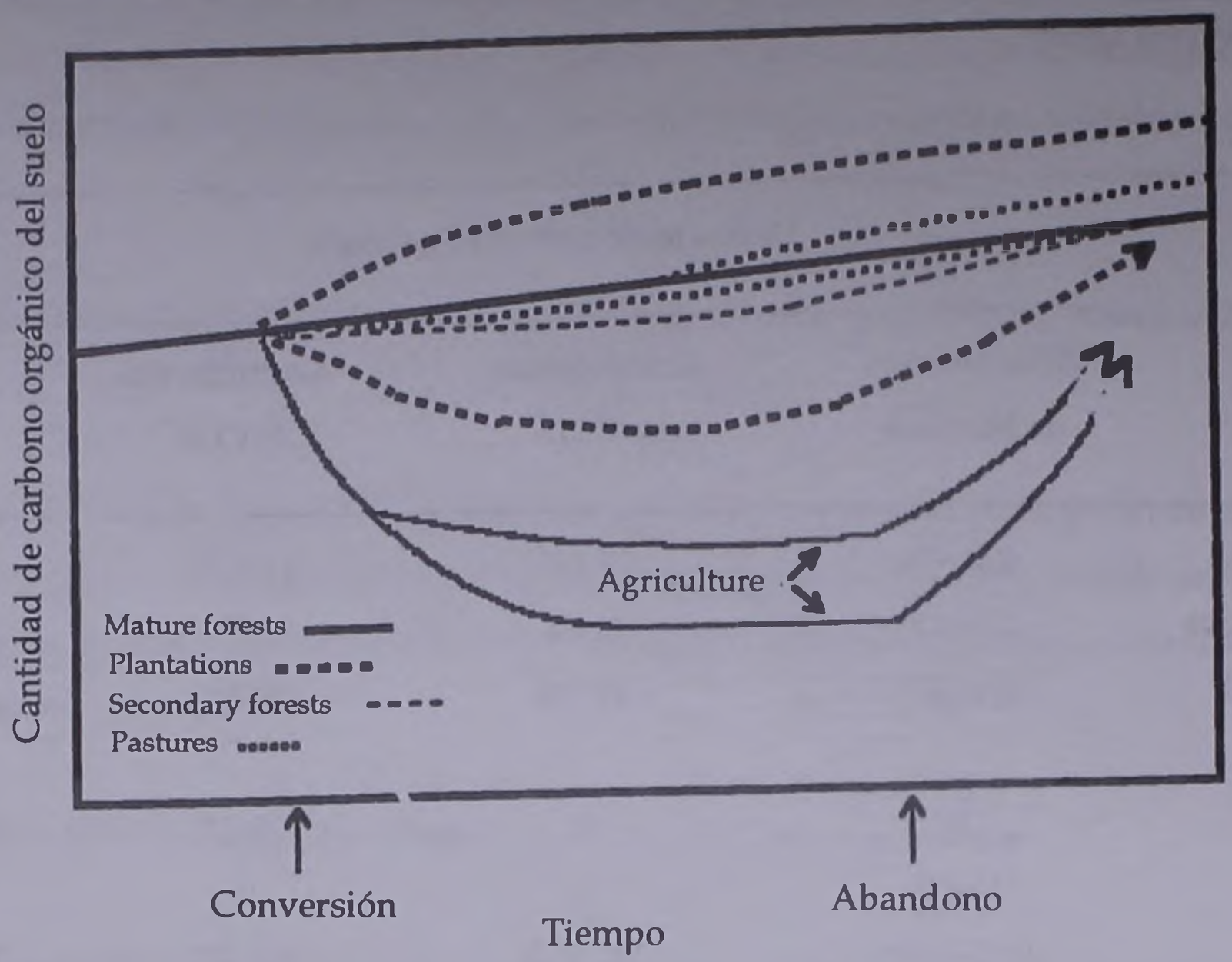


Figura 3. -*Patrones sugeridos de cambio de carbono orgánico del suelo en suelo sujeto a diferentes usos de tierra en los trópicos. Este modelo ignora variaciones debido a tipo de suelo y conversiones mecánicas de localidades. El tipo de uso agrícola o especies de plantaciones sembradas cambia la pendiente de las curvas (Lugo y Brown 1992).*

boscosas, describimos varios métodos para estimar el número de tallos en una o dos categorías de diámetro pequeño, omitidas en dichas tablas (tablas de estado de conteo truncado) basándonos en los números de tallos de las categorías más grandes (Gillespie *et al.* 1992). Señalamos que un modelo exponencial aproxima en forma razonable las distribuciones de diámetro entre la mayoría de las categorías de diámetros en varios tipos de bosques tropicales húmedos. El método más preciso para estimar el número de tallos en las categorías de diámetros pequeños usó la relación entre los números de tallos de las dos categorías de diámetro más pequeño. El error de estimación de la biomasa total usando dicha aproximación (10-12%) fue siempre menor que el error incurrido al omitir las clases (25-45%).

ECOLOGIA ISLEÑA

Queremos llamar la atención hacia la importancia de las epífitas para entender cómo los cambios atmosféricos globales impactan los bosques tropicales (Lugo y Scatena 1992). El bosque Experimental de Luquillo (BEL), al igual que otros picos en el Caribe, intercepta por lo menos cinco sistemas atmosféricos globales: (l) vientos alisios que se originan en las Azores (2) depresiones tropicales y huracanes con origen en Africa Occidental (3) frentes de frío del norte que se originan en las regiones polares de Norte América y otros sistemas que se originan (4) en el Pacífico y (5) en la cuenca Amazónica (fig. 4). Cada uno de esos sistemas globales de "cuencas atmosféricas" tiene una frecuencia de retorno particular, condiciones de temperatura y clima asociadas a ellas y diferentes condiciones químicas en la lluvia y en el agua de las nubes. Las epífitas son los organismos que más

Figura 4. -*Mapa del Caribe ilustrativo de sistemas mayores climáticos que convergen en la región y sus orígenes (cuencas atmosféricas). También quedan ilustrados el lugar de los principales bosques nublados que podrían formar una red de investigación de localidades para dilucidar la relación entre cuencas atmosférica, globales y la biota. El mapa original de bosques nublados fue desarrollado por La Bastille y Pool. Los números identifican lugares específicos según dados por La Bastille y Pool. 1. Reserva de Bosque Nublado Quetzal, Guatemala; 2. Parque Nacional Montecristo (propuesto), el Salvador; 3. Reserva de Bosque Nublado Monteverde, Costa Rica; 4. Parque Nacional del Volcán Poas, Costa Rica; 5. Parque Nacional del Volcán Chiripó, Costa Rica; 6. Parque Nacional del Volcán Barú, Panamá; 7. Blue Mountain Peak, Jamaica; 8. Pico Turquino, Cuba; 9. Parque Nacional Armando J. Bermúdez, República Dominicana; 10. Bosque Nacional del Caribe y Bosque Estatal, Puerto Rico; 11. Mt. Misery, St. Kitts; 12. Soufrière, Guadeloupe; 13. Parque Nacional Morne Trois Pitons, Dominica; 14. Mt. Pelee, Martinique; 15. Mt. Gimie, St. Lucia; 16. Soufrière, St. Vincent; 17. Mt. St. Catherine, Grenada; 18. El Aripo, Trinidad. Referencias en Lugo y Scatena (1992).*

interactúan con dichos sistemas porque absorben agua y nutrientes directamente de la atmósfera y su metabolismo responde a condiciones prevalecientes asociadas con cada uno. Para detectar efectos de cambios globales en las comunidades de epífitas, será necesario documentar cuantitativamente y a largo plazo la información ecológica sobre esos organismos. En este escrito, revisamos la información que existe para el BEL y delineamos nuestro programa propuesto para medir los efectos en los ecosistemas de los cambios globales a través de las comunidades de epífitas. Enfocamos nuestro interés en la acumulación de biomasa, absorción de nutrientes y flujos hidrológicos. Se discute un modelo de ciclo de nutrientes para los bosques caribeños (fig. 5) para recalcar la importancia de la relación entre la biota y los sectores bióticos del ecosistema (tabla 4).

Comúnmente se han encontrado injertos de raíces en tabonuco (*Dacryodes excelsa* Vahl), una

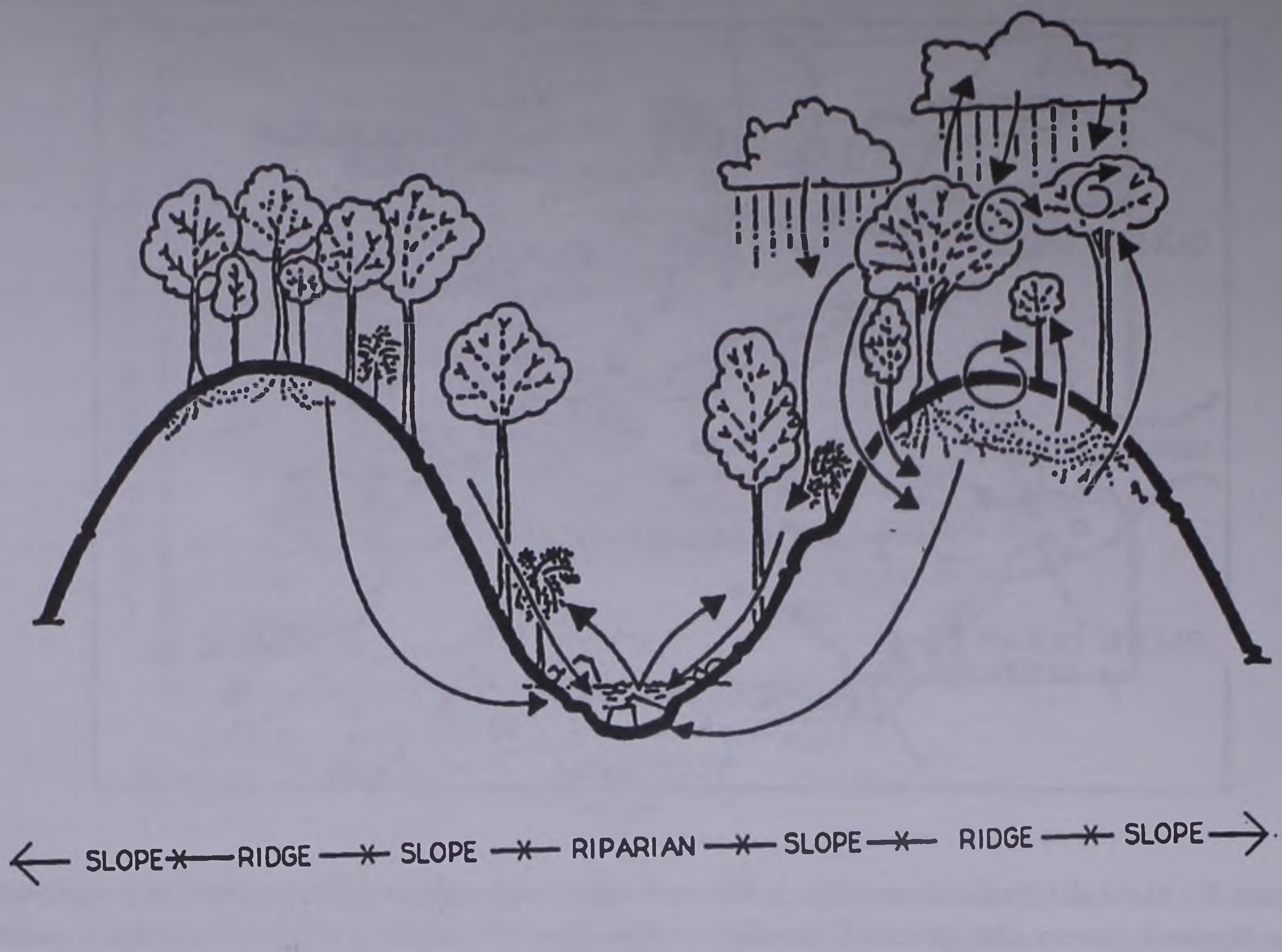


Figura 5. *-Modelo de reciclaje de nutrientes en un bosque subtropical muy húmedo en Puerto Rico (Lugo y Scatena 1992). Las flechas ilustran los flujos de nutrientes y materia orgánica y definen las interfaces donde los organismos interactúan con el ambiente abiótico (tabla 4).*

especie de árbol dominante en el bosque de tabonuco en el bosque muy húmedo subtropical de Puerto Rico (fig. 6). Más del 60% de todos los tallos de tabonuco y su área basal ocurrió en uniones, grupos de árboles interconectados por injertos de raíces (Basnet *et al.* 1993). El injerto consigo mismo e intraespecífico fue extenso, mientras que el interespecífico no fue común en los árboles de tabonuco. Las plántulas y árboles jóvenes no demostraron señal alguna de injerto, probablemente por su tamaño o edad. Los árboles injertados fueron más altos y tenían una razón de copa/d.a.p. menor. Los daños por el huracán fueron mayores en los árboles de tabonuco que crecieron individualmente que en aquellos que crecieron en agrupaciones. La poca relación entre: categoría de diámetro, área, tamaño de la unión, la distancia entre los árboles y la suma de las circunferencias de los troncos de los dos árboles más cercanos entre sí, sugieren que una fuerza no competitiva como la del injerto de raíces es más importante que las fuerzas competitivas para mantener las agrupaciones de tabonuco y por ende, la comunidad del bosque. Se ha presentado un modelo conceptual de los costos y ganancias para cuando el tabonuco crece en agrupaciones (fig. 7).

La caída de frutos en el Bosque Experimental de Luquillo (BEL) varió según el tipo de bosque (fig. 8) pero promedió 600 kg/ha.año para el bosque de 11,000 ha (tabla 5, Lugo y Frangi 1993). Para un tipo de bosque dado, la caída de frutos varió en cuanto a la localidad y la estación del año. Un bosque de palma *(Prestoea montana)* situado en una planicie de inundación montana promedió 560 kg/ha.año

Tabla 4. *-Ejemplos de interfaces bióticas en un bosque tropical del Caribe (basado en la figura 5).*

Interface	Organismos claves en la interface
Nube-plantas epífitas	
Atmósfera-plantas	Todos los organismos del dosel
Hojarasca-suelo	Hongos, bacterias y microinvertebrados
Suelo-plantas	Arboles
Agua-terrestre	Anfibios
Aeróbico-anaeróbico	Bacterias
Suelo-animal	Lombrices de tierra

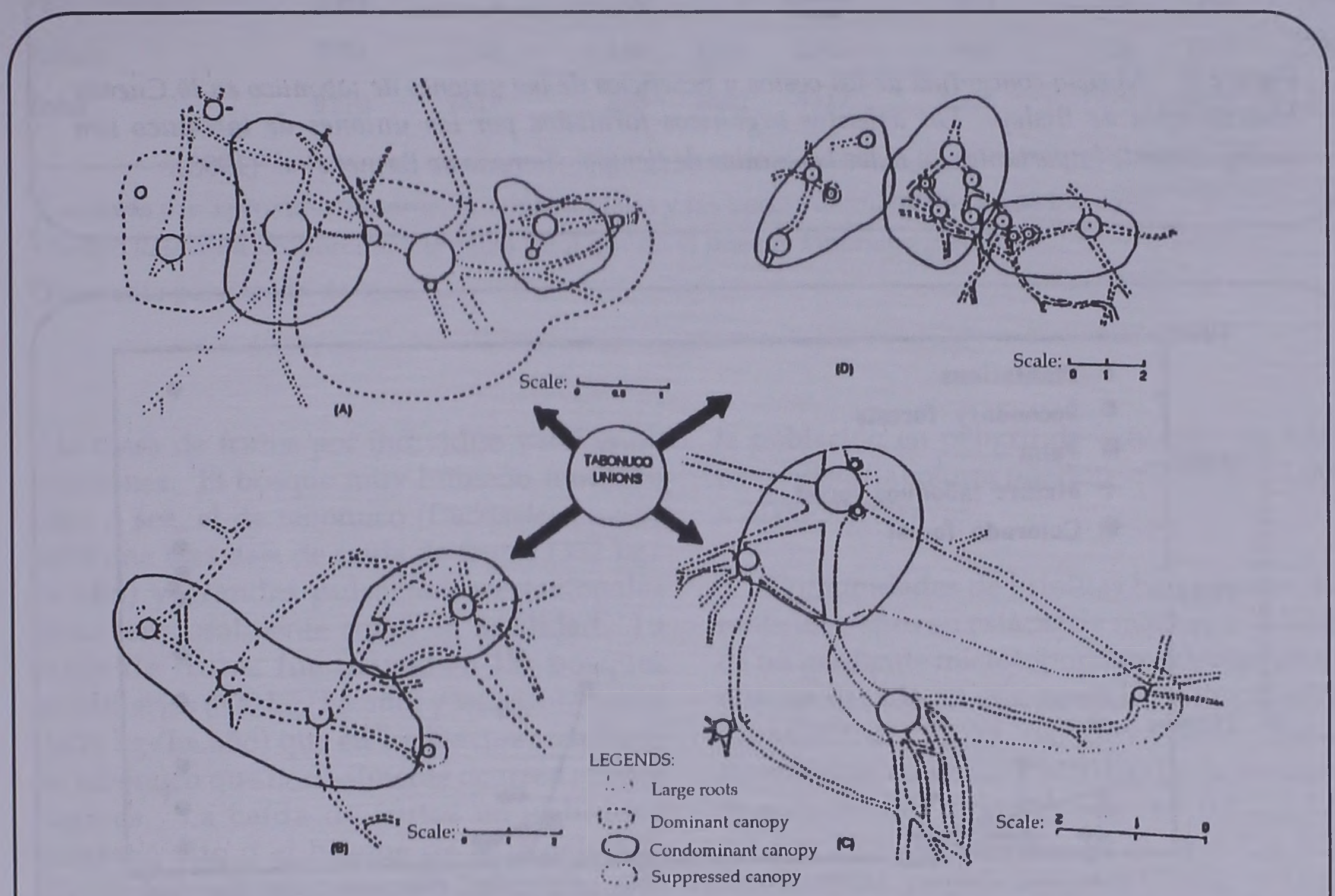


Figura 6. *-Diagrama a escala de cuatro uniones de tabonuco en el Bosque de Luquillo (Basnet et al. 1993).*

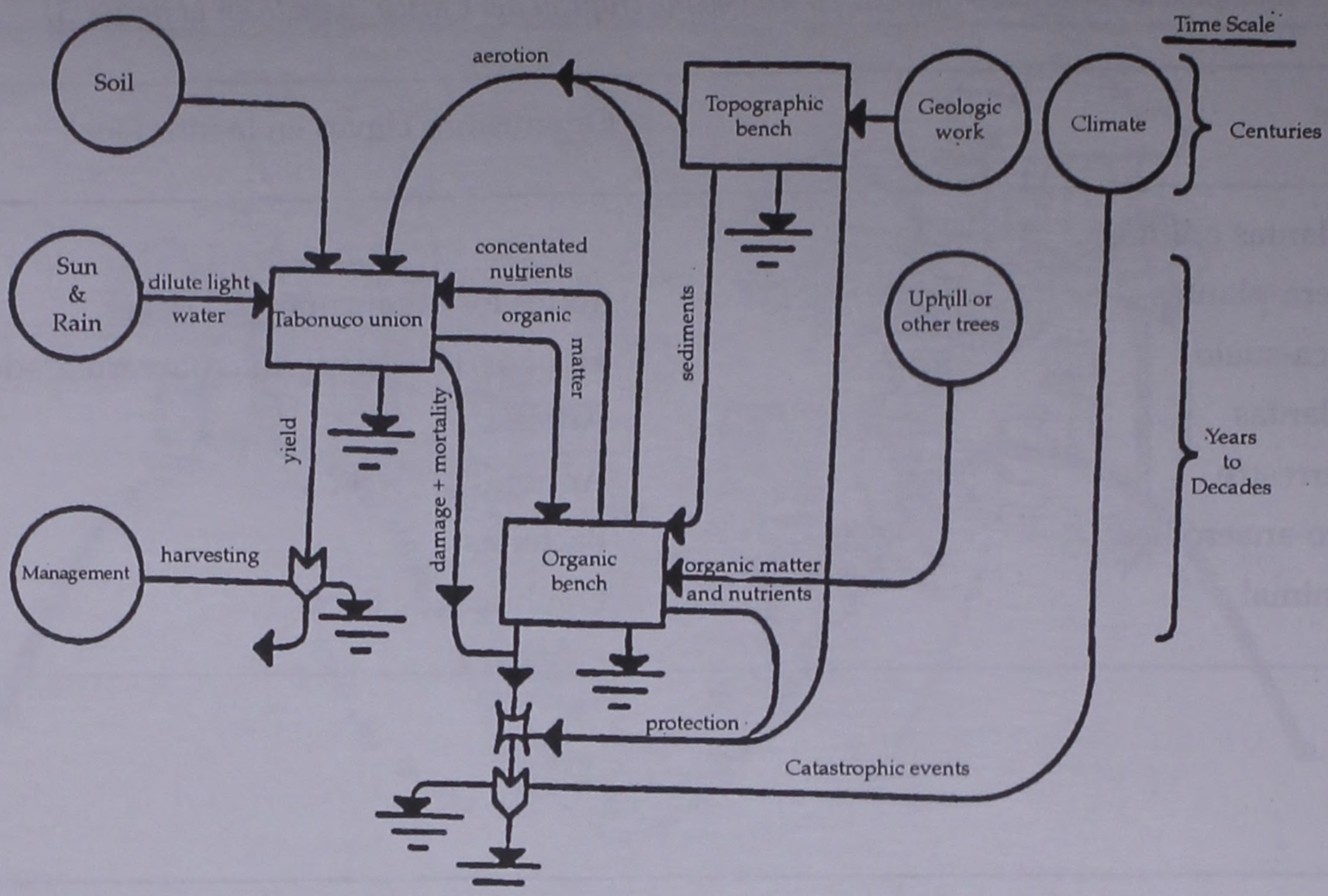


Figura 7. *-Modelo conceptual de los costos y beneficios de las uniones de tabonuco en la Cuenca Hidrográfica de Bisley. Los asientos orgánicos formados por las uniones de tabonuco son ecológicamente importantes en todas las escalas de tiempo. Tomado de Basnet et al. (1993).*

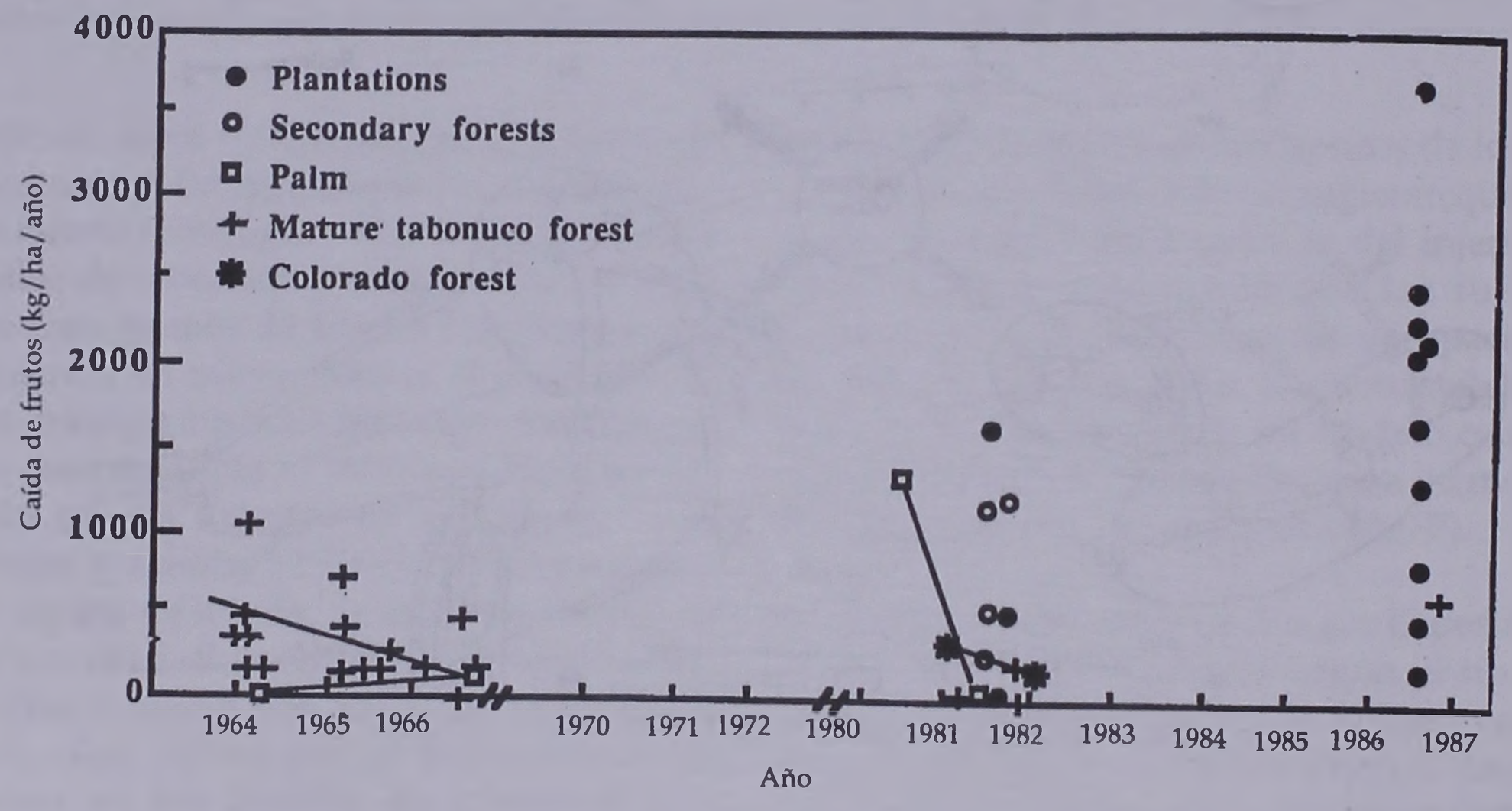


Figura 8. *-Tasa anual de caída de frutos en varios tipos de bosques en el Bosque Experimental de Luquillo (Lugo y Frangi 1993).*

Table 5. *-Estimados de palmas (Prestoea montana) y la caída total de frutas por bosque en el Bosque Nacional de Luquillo.*

Tipo de bosque	Area*	Fruto de palma			Todas las frutas		
		Caída promedio por unidad de área	Caída total		Caída promedio por unidad de área	Caída total	
		Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.	Max.
	ha	kg/ha.año	Mg/año		kg/ha.año	Mg/año	
Tabonuco							
Maduro	1132	35	6	40	118	332	57	376	1189
Secundario	3593	86†	111	309	467	820	1056	2946	4449
Plantaciones	378	0	0	0		1418	0	536	1397
Palo colorado	2083	0	0	0		263	520	548	575
Palma	2024	560	146	1133	2732	560	146	1133	2732
Total	9210	161≠	263	1482	3317	600≠	1779	5539	10,342

*Las áreas son aproximadamente, la selva nublada y las tierras deforestadas no se incluyen.
†Se usó la misma proporción a la caída total que en el bosque tabonuco maduro.
≠Promedio ponderado de área.

y la masa de frutos por individuo varió entre estaciones. El bosque muy húmedo montano bajo, o sea, el de tabonuco *(Dacryodes excelsa)* tuvo una tasa baja de caída de frutos (332 kg/ha.año) y grandes pulsaciones estacionales tanto temporalmente como en localidad. La caída de frutos fue mayor en los bosques secundarios (820 kg/ha.año) y las plantaciones (1418 kg/ha.año) que en los bosques maduros de tabonuco que normalmente ocurren en esos lugares. La caída de frutos en el bosque montano alto o el bosque de palo colorado *(Cyrilla racemiflora)* promedió 263 kg/ha.año. En alguna parte dentro del BEL siempre parece haber un rodal en su punto máximo de producción de frutos. Los datos de la caída de frutos son utilizados para reducir un estimado previo de la capacidad del bosque para sostener la población en peligro de extinción de *Amazona vittata* (la cotorra puertorriqueña) de 51,000 a 2,000-38,000 aves.

Comunidades de briofitas han crecido durante diez años en estacas de madera a lo largo de un gradiente microtopográfico dentro de un bosque situado en una planicie de inundación montana a 750 m de elevación. Estas acumularon entre 210 y 1400 kg/ha de biomasa libre de ceniza y promedios de 14.5, 0.8, 5.3, 2.7, 2.7, 0.5, 18.5 y 22.0 kg/ha de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe y Al, respectivamente (Frangi y Lugo 1992). Esta acumulación de biomasa y nutrientes fue de la misma magnitud que la acumulación de biomasa y nutrientes en hojarasca fina (tabla 6). Tanto la biomasa como la acumulación de nutrientes fueron mayores

Tabla 6. *-Acumulación de biomasa y nutrientes en hojarasca fina (kg/ha) y el porcentaje de todas las hojas en comunidades de briofitas vivas en la superficie de un bosque en una planicie de inundación. La acumulación de hojarasca fina se midió 10 meses después del huracán Hugo. Los datos son de Frangi y Lugo (1992).*

Componente	Masa	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Al
Palma	1870	12.4	0.7	2.2	9.9	3.1	0.8	7.4	11.6
Otras hojas	1720	14.8	0.5	2.1	8.7	2.9	0.8	6.3	11.3
Todas las hojas	3560	27.2	1.2	4.3	18.6	6.0	1.6	13.7	22.9
Comunidad de briofitas									
(% de todas las hojas)	45	53	67*	123	15	45	31	134	96

*Equivalente al 59% del fósforo en toda la hojarasca fina (incluyendo la proveniente de madera y miscelanea) en 1980 previo al huracán.

en comunidades localizadas en las pendientes de las riberas de los arroyuelos o en las pendientes de los montículos con árboles. Hubo menor acumulación de nutrientes en depresiones con hidroperíodos de lluvia prolongados. La concentración de nutrientes (excepto N) y la tasa de acumulación de biomasa libre de ceniza (20-140 kg/ha.año) fue menor en comparación con otras comunidades de briofitas. Las comunidades de briofitas en las planicies de inundación tropicales parecen ser filtros bióticos de las aguas y ayudan a retener los nutrientes en la biota terrestre.

Con datos de vegetación se construyen curvas de importancia relativa (curvas IR) para comparar la diversidad de especies y su dominancia en las comunidades vegetales de Isla de Mona (fig. 9). A pesar de la homogeneidad en el clima seco y de la proximidad espacial de las comunidades vegetales, se observaron fuertes diferencias en la dominancia de especies, el número de especies raras, la pendiente de la curva IR, y el número total de especies en las comunidades. Una comunidad puede exhibir curvas IR geométricas y los normales dependiendo de su localización. Aparentemente la variedad edáfica en los bosques secos explica la dominancia y la variedad de especies vegetales que allí viven. El grado de dominancia de las especies comunes incrementó en comunidades perturbadas por el ser humano. Plantaciones de monocultivos han acumulado muchas especies a través del tiempo. La forma de las curvas IR para la Isla de Mona fueron my similares a las del bosque seco de Guánica y a las del bosque muy húmedo de tabonuco en el Bosque Experimental de Luquillo. La diferencia entre estas curvas IR fue el número total de especies, el cual fue mayor en el bosque de tabonuco. Sin embargo, el bosque húmedo amazónico exhibió una curva IR con menos dominancia, menor pendiente y más especies que cualquier comunidad en la Isla de Mona, Guánica o Luquillo. Los bosques del Caribe contrastan con los Amazónicos por mayor dominancia en las especies comunes y menor número de especies raras.

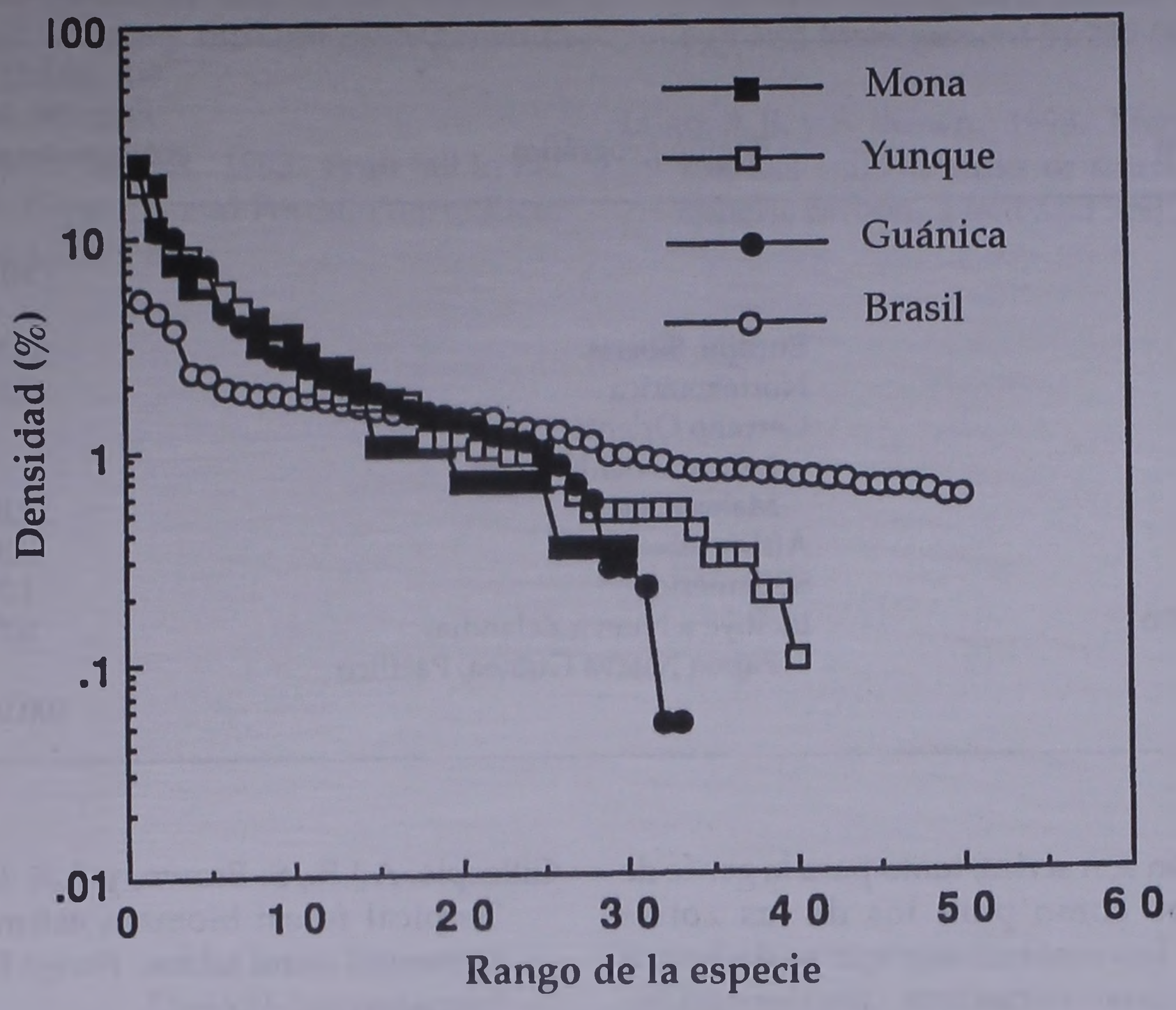


Figura 9. -*Curvas de Importancia Relativa para la comunidad más diversa en la Isla de Mona (el bosque de la llanura), un bosque semideciduo maduro en Guánica, el bosque Experimental de Luquillo, y un bosque húmedo en la cuenca amazónica del Brasil (Lugo 1991).*

EL MANEJO DE LOS BOSQUES TROPICALES

Los bosques influyen en la estabilidad ecológica regulando y siendo a su vez regulados por el ambiente (Lugo 1990). La sociedad está reacia a aceptar los cambios ambientales como una consecuencia necesaria del uso de recursos y del crecimiento económico. Mientras enfocamos nuestras energías en sostener o incrementar el poder económico de una población, debemos aceptar que los paisajes, incluyendo los bosques, cambiarán. Para asegurar que en el futuro los bosques ejecutarán sus funciones críticas, necesitamos aumentar la cantidad de terrenos bajo manejo humano. Necesitamos integrar todas las actividades de manejo que afectan el paisaje y fortalecer el sistema de educación y las instituciones que controlan el uso de los recursos.

Es tiempo de hacer algo con relación al manejo de nuestros bosques tropicales (Lugo 1992). Los bosques tropicales influyen en el clima y en el nivel de vida de la gente a través de todo el mundo, pero se están deteriorando por el poco esfuerzo que se hace por manejar este recurso en forma sostenible. Los pasos hacia un desarrollo sostenible de las tierras tropicales se conocen bien, pero es difícil anticipar quién implementará las medidas de conservación requeridas. La profesión de dasónomo en los trópicos carece de suficiente apoyo político, social y económico y no está en la posición de poder manejar el vasto bioma de los bosques tropicales. Las consecuencias de

Tabla 7. *-Fracción de los ecólogos mundiales en los trópicos (basado en 16,000 ecólogos). Fuentes en Lugo (1992).*

Reino biogeográfico	Región geográfica	Fracción de los ecólogos mundiales
		(%)
Paleártico	Europa, Siberia	35.3
Neártico	Norteamérica	43.0
Oriental	Cercano Oriente	
	Lejano Oriente	
	Malasia, etc.	12.0
Etiópico	Africa sub-Sahara	2.3
Neotrópico	Sudamérica	1.7
Australasiático	Incluye a Nueva Zelandia, Papua Nueva Guinea, Pacífico	5.7
Total		100.0

esta situación son serias, tanto para la gente de los trópicos como para los de las zonas templadas. Las instituciones que se dedican a la dasonomía necesitan reorientación, profesionalización y despolitización para poder asumir el liderato en cuanto al manejo de los bosques tropicales. A cada país se le debe permitir manejar sus propias tierras y bosques, pero es necesaria la cooperación internacional para equipar a los países tropicales con las mismas capacidades de las instituciones de silvicultura de las zonas templadas (tabla 7).

LITERATURA CITADA

Basnet, K., F.N. Scatena, G.E. Likens, y A.E. Lugo. 1993. Ecological consequences of root grafting in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) trees in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):28-35.

Frangi, J.L. y A.E. Lugo. 1992. Biomass and nutrient accumulation in ten year old bryophyte communities inside a flood plain in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 24:106-112.

Gillespie, A.J.R., S. Brown, y A.E. Lugo. 1992. Tropical forest biomass estimation from truncated stand tables. Forest Ecology and Management 48:69-87.

Lugo, A.E. 1990. Forest management for ecological stability: a call for leadership. Páginas 27-30 *en* Are forests the answer? Society of American Foresters, Washington, DC.

Lugo, A.E. 1991. Dominancia y diversidad de plantas en Isla de Mona. Acta Científica 5(1-3):65-71.

Lugo, A.E. 1992. Tropical forest management—time to do something about it. Páginas 382-391 *en* American forestry: an evolving tradition. Proceedings of the 1992 Convention of the Society of American Foresters. Bethesda, Maryland.

Lugo, A.E. y F.N. Scatena. 1992. Epiphytes and climate change research in the Caribbean: a proposal. Selbyana 13:123-130.

Lugo, A.E., J.A. Parrotta, y S. Brown. 1993. Loss in species caused by tropical deforestation and their recovery through management. Ambio 22:106-109.

Lugo, A.E. y J.L. Frangi. 1993. Fruit fall in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25:73-84.

Lugo, A.E. y S. Brown. 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. Forest Ecology and Management 54:239-255.

Lugo, A.E. y S. Brown. 1993. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon. Plant and Soil 149:27-41.

INVESTIGACIÓN SOBRE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

F.N. Scatena
Hidrólogo

Durante 1993 las actividades relacionadas con la investigación sobre cuencas hidrográficas incluyeron el auspicio de un simposio internacional sobre selvas nubladas de montaña tropicales, la expansión de los estudios ribereños y estudios sobre la historia ambiental de los bosques de Luquillo, y el inicio de nuevos estudios sobre el valor de los bosques y los impactos de la recreación sobre el Bosque Experimental de Luquillo. Continuó la investigación ecológica sobre la recuperación de las cuencas hidrográficas de Bisley luego del huracán Hugo y el laboratorio del Instituto comenzó a analizar ciertos nutrientes en el agua, además de la vegetación y los suelos. Durante los primeros ocho meses de este período, F.N. Scatena fue asignado a la plaza de Director Auxiliar Interino para Investigación del nuevo Instituto Internacional de Dasonomía Tropical y fue responsable de desarrollar una nueva descripción de la Unidad de Investigaciones del Instituto.

Durante la primera semana de junio de 1993, el Instituto coauspició un simposio internacional sobre selvas nubladas de montaña tropicales conjuntamente con el East-West Center de Hawaii. El simposio, de una semana de duración, contó con una participación de más de 50 personas y se desarrolló conjuntamente con el Trigésimo Aniversario de la Asociación de Biólogos Tropicales. Se ha enviado a imprenta un volumen sobre el simposio (Hamilton, Juvik, Scatena 1993). El mismo incluye un diagrama conceptual de las interrelaciones entre diferentes selvas nubladas de montaña tropicales (fig. 1), un artículo sobre el manejo de los nuboselvas enanas de Luquillo (Scatena 1993) y una extensa bibliografía de selvas nubladas de montaña (Watt *et al.* 1993).

La investigación en cuanto a los impactos antropógenos sobre el ecosistema de las montañas de Luquillo incluyó la publicación de un estudio detallado de los efectos de la actividad humana sobre las cuencas hidrográficas experimentales de Bisley (García y Scatena 1994) y el comienzo de nuevos estudios con la Universidad de Puerto Rico y Colorado State University sobre cambios sufridos por el suelo y la vegetación como resultado de una secuencia cronológica de cambios de uso de terrenos de pastizaje activo a ubicaciones forestales. La investigación en torno a la geomorfología de los arroyos y las planicies inundables de las montañas de Luquillo también proseguirá gracias al donativo concedido a Johns Hopkins University por la Mellon Foundation de Nueva York. Esta investigación se concentra en determinar los cambios en los ecosistemas ribereños de las montañas de Luquillo a partir del asentamiento europeo. Durante la temporada de campo de verano se encontró un depósito de desechos vegetales de 1300 años de antigüedad en la planicie de inundaciones de Fajardo. El depósito tiene semillas, plantas y fragmentos de madera excepcionalmente preservados, y proveerá una relación inestimable de los bosques preeuropeos de la bajura en esta parte de la Isla. El análisis preliminar de los depósitos sugiere un área ribereña forestada con *Bursera simaruba, Cecropia,* varios melastomatáceas y arbustos de sotobosque.

Este año también se inició un estudio en torno al valor económico del ecosistema de los Bosques de Luquillo con un acuerdo cooperativo con la Universidad de Puerto Rico. Este esfuerzo se concentra en determinar el valor de la base energética del bosque. También se inició un estudio de los impactos de la recreación sobre la regeneración forestal que se concentra en el establecimiento de lotes de vegetación a largo plazo en un área de veredas del bosque. Como parte de estos estudios, se analizaron los datos disponibles sobre el total de visitantes que se contabilizan en las áreas

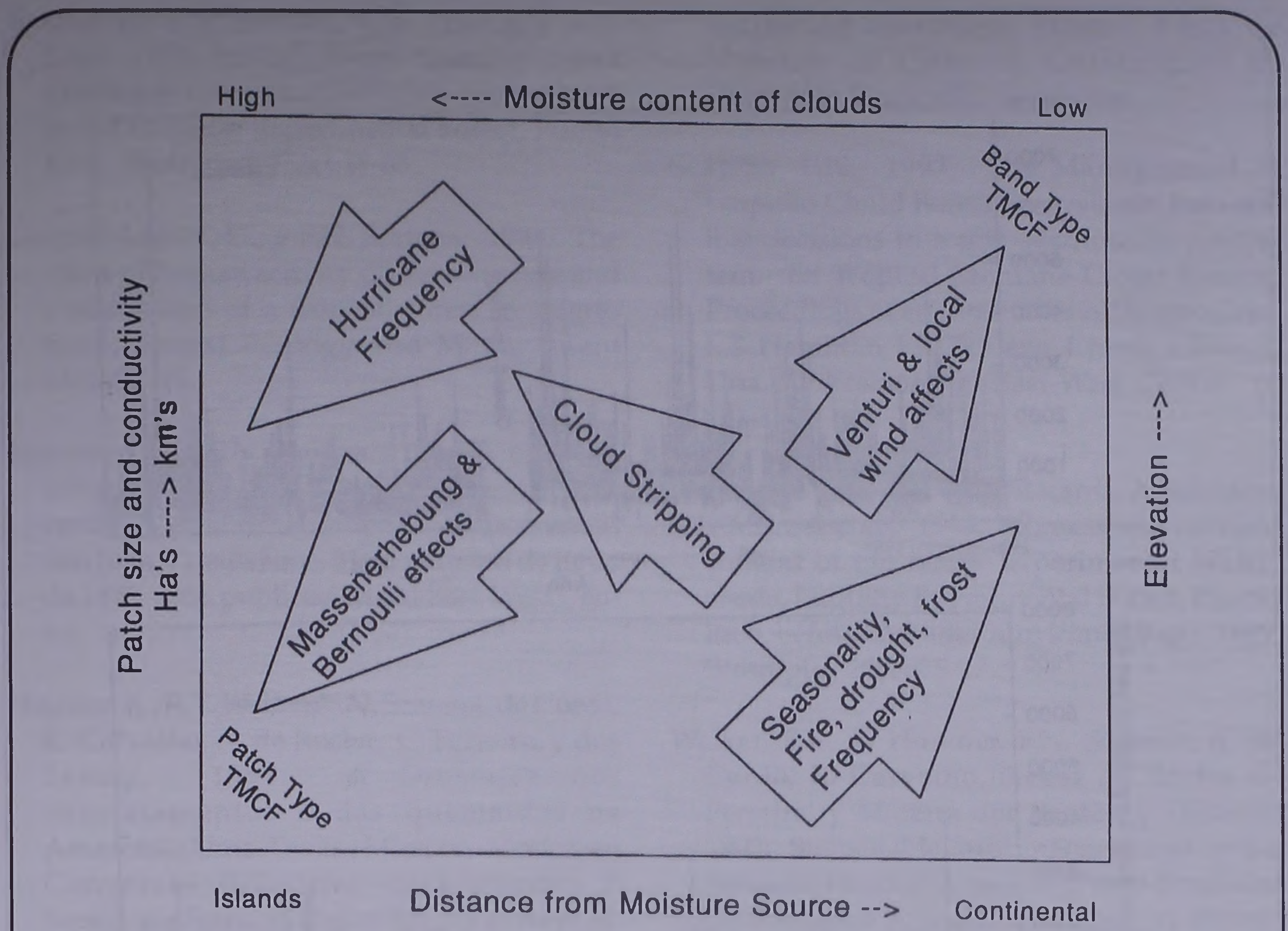


Figura 1. -*Concepción de las relaciones de varias propiedades de un ecosistema que influyen en las nuboselvas de montaña tropicales. Las flechas indican la dirección en que incrementa la importancia de la propiedad del sistema. Tomado de Hamilton, Juvik, y Scatena 1993.*

recreativas del bosque conjuntamente con el personal recreativo del Bosque Nacional del Caribe (fig. 2). Se publicaron también los resultados de la investigación inicial sobre el manejo sostenible de fincas en el Piamonte Amazónico (Walker *et al.* 1993) y la dinámica microeconómica de las áreas deforestadas del Amazonas conjuntamente con nuestros colegas brasileños.

Las actividades de investigación ecológica a largo plazo en las cuencas hidrográficas de Bisley incluyeron publicaciones en torno a: la biomasa y el contenido químico de las cuencas hidrográficas antes y después del huracán Hugo (Scatena *et al.* 1993); la distribución e importancia ecológica de los injertos radiculares en *Dacryodes excelsa* (Basnet 1992, Basnet *et al.* 1993), el crecimiento y la mortandad de plántulas de cuatro especies de árboles de la espesura que toleran sombra, luego del huracán Hugo (Petty 1993) y relaciones entre las orquídeas y su huésped (phorophyte) (Migenis y Ackerman 1993).

LITERATURA CITADA

Basnet, K. 1992. Effect of topography on the pattern of trees in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) dominated rain forests in Puerto Rico. Biotropica 24(1):31-42.

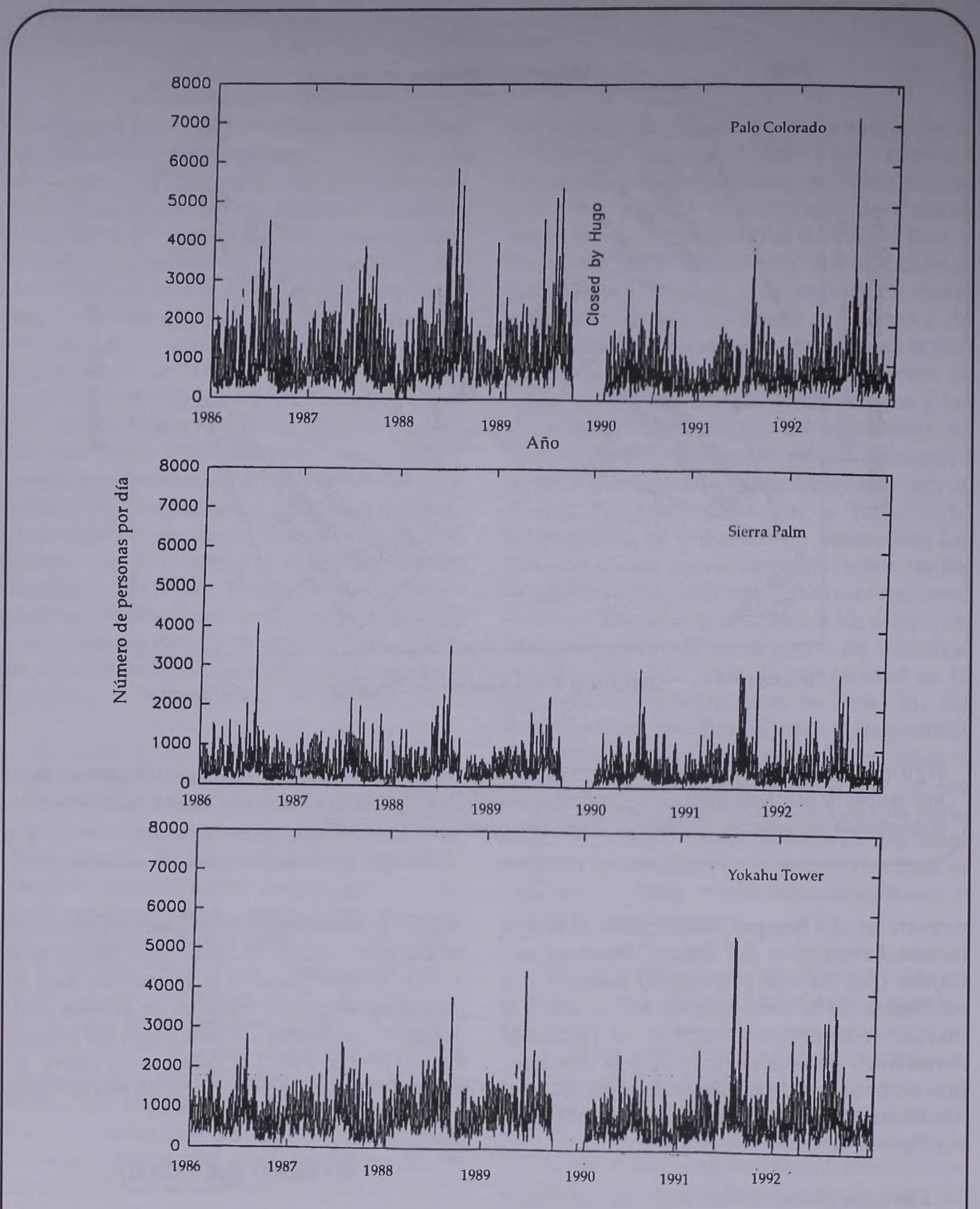


Figura 2. *-Número de visitantes por día en las áreas recreativas de Palo Colorado, Palma de Sierra, y Yokahú del Bosque Nacional del Caribe. Tomado de Doherty, Scatena, y Odum 1993.*

Basnet, K., F.N. Scatena, G.E. Likens, y A.E. Lugo. 1993. Ecological consequences of root grafting in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) trees in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):28-35.

García-Montiel, D., y F.N. Scatena. 1994. The effect of human activity on the structure and composition of a tropical forest in Puerto Rico. Forest Ecology and Management 63(1):57-78.

Hamilton, L.S., F.N. Scatena, y J. Juvik, editores. 1993. Tropical Montane Cloud Forests. Proceedings of an International Symposium at San Juan, Puerto Rico, 31 de mayo - 5 de junio de 1993. Una publicación del East-West Center.

Homma A., R.T. Walker, F.N. Scatena, de Conto, R. Carvalho, A. de Rocha, C. Ferreira, y dos Santos. 1993. A Dinamica dos desmatamentos e das quemaidas na Amazonia; Uma Analise Microeconômica, en Congresso Brasileiro de Economia E Sociologia Rural 31 Ilhéus-BA, V2 p. 706-720.

Migenis, L.E., y J.D. Ackerman. 1993. Orchid-phorophyte Relationship in a forest watershed in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 9:231-240.

Petty, W.H. 1993. Seedling growth and mortality of four shade-tolerant canopy tree species in the rain forest of Puerto Rico Following Hurricane Hugo. Tésis de Maestría en Ciencias, Universidad de Tennessee, Knoxville, 69 páginas.

Scatena, F.N. 1993. The Management of Luquillo Cloud Forest Ecosystems: Irreversible decisions in a non-sustitutable ecosystem. *En* Tropical Montane Cloud Forests, Proceedings of an International Symposium. L.S. Hamilton, F.N. Scatena, J. Juvik, editores. Una publicación del East-West Center. p. 191-198.

Scatena, F.N., W. Silver, T. Siccama, A. Johnson, y M.J. Sánchez. 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after hurricane Hugo, 1989. Biotropica 25(1):15-27.

Walker, F.T., A. Homma, F.N. Scatena, A. de Conto, R. Carvalho, Neves da Rocha, C. Ferreira, y Moreira dos Santos, y Oliveira. 1993. Sustainable farm management in the Amazon Piedmont, en Congresso Brasileiro de Economia E Sociologia Rural 31 Ilhéus-BA, V2 p. 706-720.

Watt, F., R. Beymer, F.N. Scatena, W.L. Silver, y P.L. Weaver. 1993. Tropical Montane Cloud Forest Literature. *En* Tropical Montane Cloud Forests, Proceedings of an International Symposium. L.S. Hamilton, F.N. Scatena, J. Juvik, editores. Una publicación del East-West Center. p. 247-259.

CAMBIOS DEL USO DE LA TIERRA Y LA EMISIÓN DEL OXIDO NITROSO (N_2O): UN ESTUDIO EN EL CANTÓN DE SARAPIQUÍ, HEREDIA, COSTA RICA

Michael Keller
Investigador de Ciencias Físicas

Areas extensas de bosque de los trópicos húmedos están siendo cortados y convertidos en áreas de pastizaje y agricultura. Según estimados de la FAO un área promedio de 1.7 x 10^5 km^2 de bosques tropicales fue cortada anualmente desde 1980 hasta 1990 (FAO 1991). Tomando en cuenta que la población global se duplicará antes del año 2100, la demanda para la conversión de más áreas tropicales naturales a tierras agrícolas aumentará (Meyer y Turner 1992). A la vez, la intensificación de la agricultura tropical por medio de la fertilización, el riego, el uso de herbicidas, y otras formas de manejos intensivos, es inevitable (Naylor y Matson 1993).

Según estudios recientes, la deforestación tropical y la extensión e intensificación de la agricultura concomitante han sido una fuente principal de óxido nitroso, un gas producido en los suelos con importancia en el efecto de invernadero. Es difícil estimar con exactitud el efecto que los cambios en el manejo de la tierra causan a la atmósfera. Recientemente, la Dra. Pamela Matson de la Universidad de California en Berkeley y yo, tratamos de estimar los cambios en emisiones de N_2O del Cantón de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, un área que se ha desarrollado rápidamente. Usamos datos del Censo Agropecuario de Costa Rica (Dirección General de Estadísticas y Censos, 1983) para clasificar los terrenos de Sarapiquí. Hemos extrapolado las tendencias a la presente década. El Censo Agropecuario clasifica la tierra en 3 categorías: bosques, pastizales, y cultivos. Hemos dividido la categoría de pastizales entre los recientes y los antiguos. Los pastizales recientes son los que fueron convertidos de bosque hace menos de 10 años de la fecha escogida. Los pastizales antiguos tienen más de 10 años. Para hacer un análisis sencillo, suponemos que la historia de la tierra siempre sigue el orden: bosque, pastizal, cultivos (fig. 1). Con la excepción de la expansión

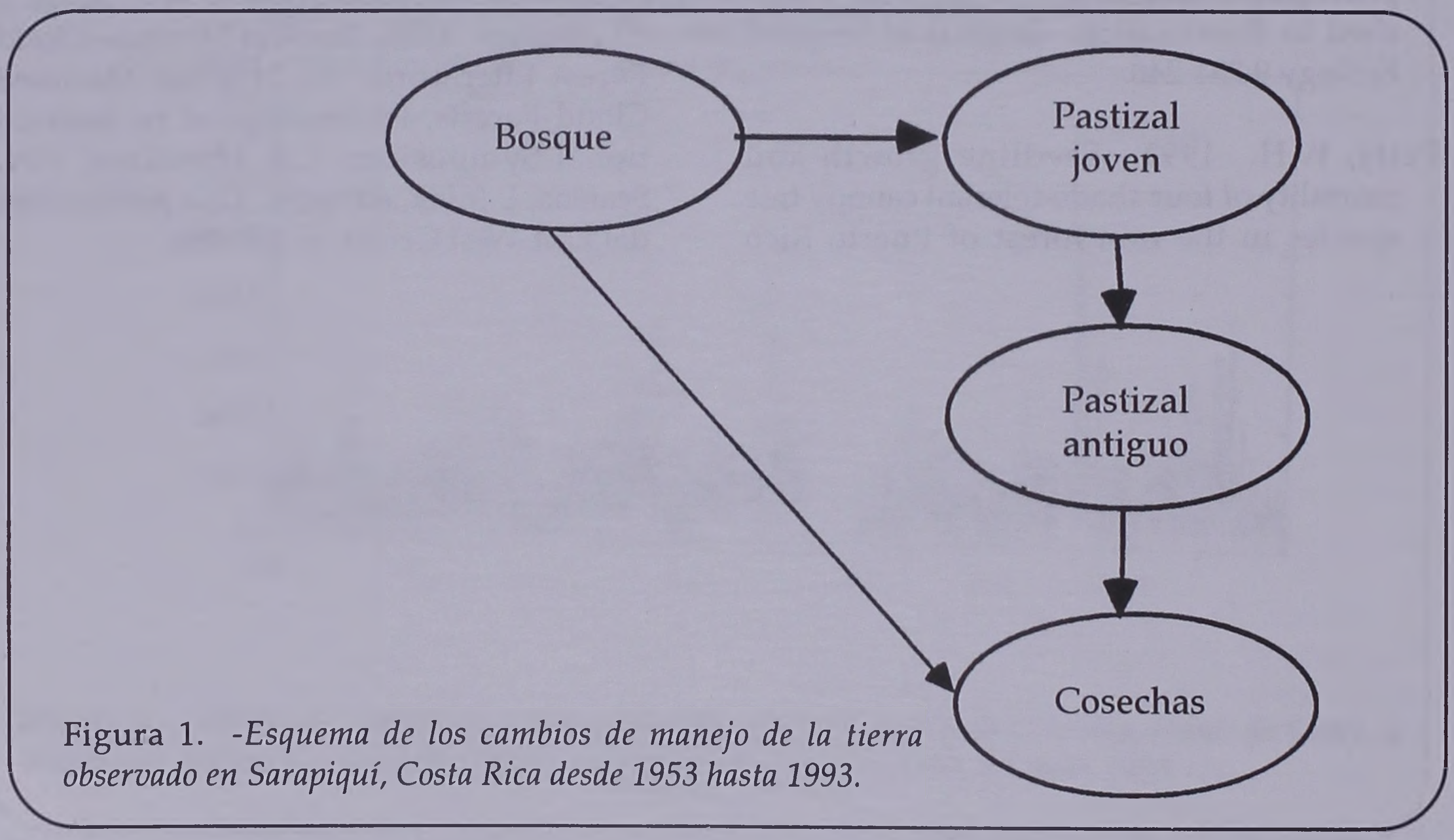


Figura 1. *-Esquema de los cambios de manejo de la tierra observado en Sarapiquí, Costa Rica desde 1953 hasta 1993.*

bananera de los años 1960 (Veldkamp *et al.* 1992), la demanda para capital ha limitado la velocidad del desarrollo agropecuario. Las distribuciones de áreas de manejo están presentadas en la tabla 1.

Hemos expuesto las detalles de las medidas de emisiones de gases de los suelos y el método de extrapolación en Keller y Matson (1994) y Keller *et al.* (1993). Las emisiones de óxido nitroso según uso están compilados en la tabla 2.

pastizales recientes dominan el aumento. En 1993, las emisiones siguen siendo el doble de los niveles antes del desarrollo debido a las importantes emisiones de áreas cultivadas.

Nuestro análisis preliminar es necesariamente simplista. Un análisis más comprensivo incluiría unos modelos de los suelos y del manejo de la tierra con referencia geográfica y un modelo de la biogeoquímica de los procesos en los suelos que controlan las

Tabla 1. *-El uso de la tierra en el Cantón de Sarapiquí desde 1953 hasta 1993. (El porcentaje de área está expuesto por categoría de uso).*

Año	Bosque	Pastizal reciente	Pastizal antiguo	Cosechas
	porcentaje			
1953	100	0	0	0
1963	70	24	0	6
1973	50	20	22	8
1983	32	18	38	12
1993	24	8	52	16

Tabla 2. *-Estimados del flujo del óxido nitroso desde el suelo hasta la atmósfera de 4 categorías de uso de la tierra en el Cantón de Sarapiquí en Costa Rica.*

Categoría de uso de la tierra	Flujo de N_2O ng-N cm^{-2} h^{-1}
Bosque	6.78
Pastizal reciente	48.95
Pastizal antiguo	2.20
Cosechas	29.00

La figura 2 presenta los resultados de la extrapolación. Durante la primera década de explotación del Cantón, las emisiones del óxido nitroso aumentan tres veces sobre los niveles del bosque natural. Las emisiones de los

emisiones. Sin embargo, nuestro análisis nos enseña que debemos tomar un punto de vista dinámico del papel de los cambios del uso de la tierra en procesos atmosféricos.

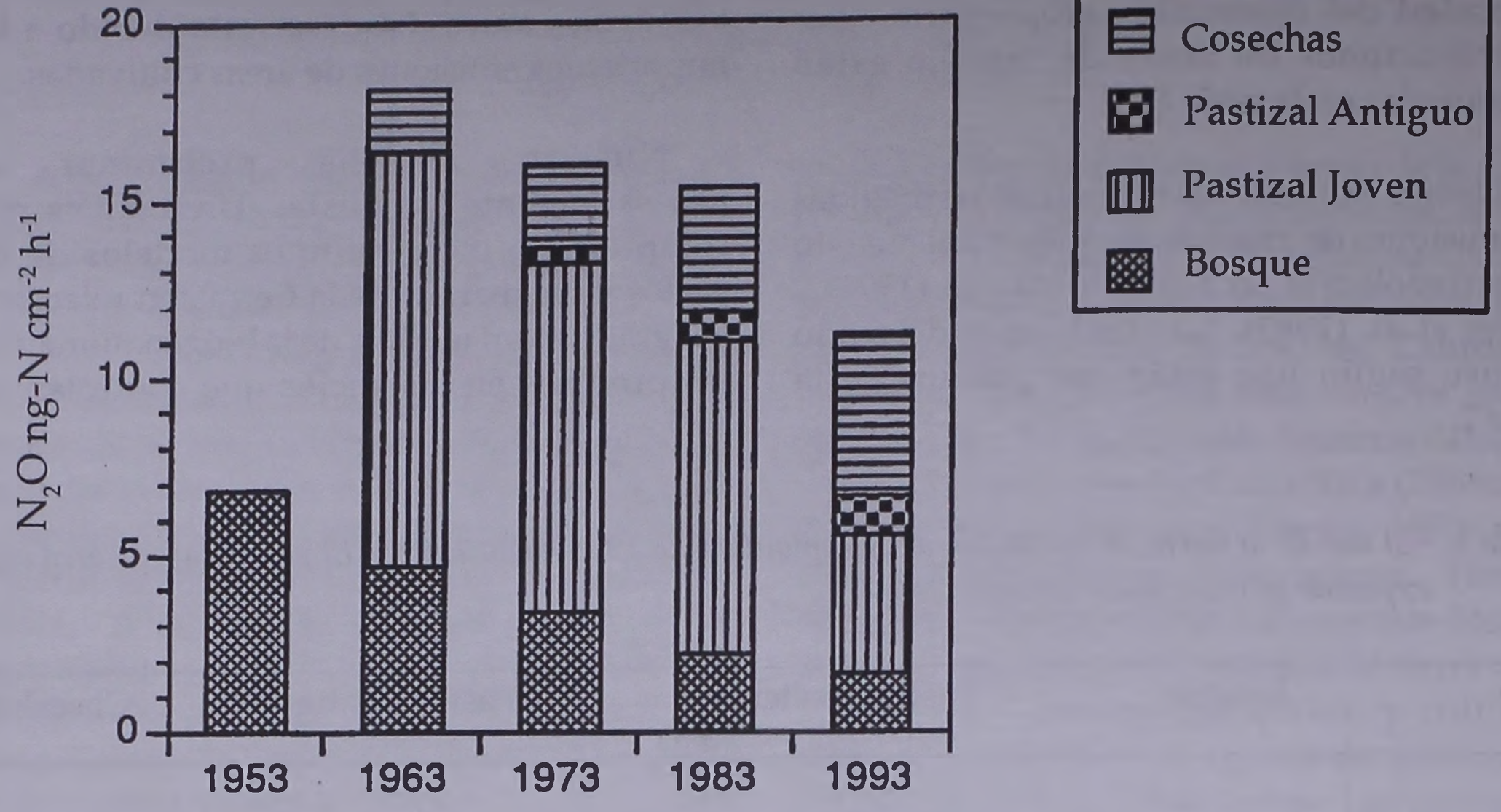


Figura 2. -*Emisiones del (N_2O ng-N cm^{-2} h^{-1}) estimado para Sarapiquí desde 1953 hasta 1993.*

LITERATURA CITADA

Dirección General de Estadística y Censos (1983). Ministerio de Economía, Industria y Comercio. San José, Costa Rica.

FAO. 1991. Forest Resources Assessment 1990 Project. Forestry N. 7. FAO. Rome.

Keller, M., E. Veldkamp, A.M. Weitz, y W.A. Reiners. 1993. Effect of pasture age on soil trace gas emissions from a deforested area of Costa Rica. Nature 365:244-246.

Keller, M. y P.A. Matson. 1994. Biosphere-atmosphere exchange of trace gases in the tropics: Evaluating the effects of land-use changes. *En:* R.G. Prinn, editor. Global Atmospheric Biosphere Chemistry.

Meyer, W.B. y B.L. Turner, II. 1992. Human population growth and global land-use/cover change. Annual Review of Ecology and Systematics 23:39-61.

Naylor, R. y P.A. Matson. 1993. Environmental impact of population growth. EOS 74:178-179.

Veldkamp, E., A.M. Weitz, I.G. Staritsky, y E.J. Huising. 1992. Deforestation trends in the Atlantic Zone of Costa Rica: A Case Study. Land Degradation and Rehabilitation 3:71-84.

DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN UN BOSQUE TROPICAL LLUVIOSO MONTANO EN PUERTO RICO: PATRONES ESPACIALES Y CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Whendee Silver
Ecóloga

En 1988, se inició un proyecto conjunto entre el IIDT y Yale University para tomar muestras de los suelos y la superficie del bosque cuantitativamente a cada 40 m en las cuencas hidrográficas de Investigación Bisley, en el bosque Experimental de Luquillo. Nuestras metas eran determinar la variabilidad espacial de los nutrientes del suelo, los factores que controlan la disponibilidad de nutrientes a la vegetación y la distribución de nutrientes en suelos y plantas. Las concentraciones de cationes intercambiables se midieron usando diferentes procedimientos de extracción de suelos (suelo fresco y suelo secado al aire y molido) para establecer unos márgenes de disponibilidad de nutrientes en el suelo y determinar la relación entre protocolos de laboratorio diferentes, aunque comúnmente usados.

Los suelos frescos por lo general rindieron concentraciones significativamente más bajas de Ca, Mg y K intercambiable que los suelos secos y molidos antes de su extracción. Por lo general los nutrientes en el suelo también disminuyeron con la profundidad.

Varias propiedades del suelo variaron, como se esperaba, a lo largo del paisaje y pudieron considerarse en el contexto de un sencillo modelo tipo catena. En los suelos de superficie, las concentraciones base de catión intercambiable y el pH aumentaron en un gradiente desde cimas de colinas hasta valles ribereños, mientras que la materia orgánica en los suelos, el Fe intercambiable y la acidez disminuyeron a través de este gradiente. En las colinas, N, P y K se correlacionaron positivamente con la materia orgánica en los suelos; en las pendientes, N y P se correlacionaron positivamente con la materia orgánica y el Ca, K y pH se correlacionaban negativamente con el Fe intercambiable.

La disponibilidad de nutrientes en la catena superior parece ser controlada principalmente por procesos bióticos, en particular la acumulación de materia orgánica. El contenido de Ca, K y P de la vegetación resultó mayor en las colinas y pendientes que en la ubicaciones en los valles. Las inundaciones periódicas y un drenaje impedido en la sección baja de la catena resultó en un ambiente más heterogéneo.

Una comparación de los suelos de Bisley con otros bosques tropicales montanos reveló que la heterogeneidad interna de los suelos en las cuencas hidrográficas de Bisley es similar a los parámetros de concentraciones de nutrientes promedio de los suelos entre bosques tropicales montanos para Ca, Mg y K (suelos secos/molidos). En Bisley la concentración de P tendió a ser ligeramente mayor y la de N más baja que en otros bosques tropicales montanos (figura 1).

¿CUÁN LLUVIOSO ES LLUVIOSO? COMO ENTENDER LA FUNCIÓN DE LOS GRADIENTES DE HUMEDAD EN UN BOSQUE TROPICAL LLUVIOSO

El Bosque Experimental de Luquillo exhibe cambios dramáticos en la distribución de especies de plantas y la estructura del bosque a lo largo de gradaciones de elevación redundante. La diversidad de especies de árboles, la altura de los árboles, y la biomasa se reducen desde el bosque de tabonuco hasta el bosque colorado, y alcanzan su valor más bajo en el bosque nublado situado en los picos y cordilleras de más de 700 m de altura. El insumo de agua de lluvia y agua de nubes aumenta a lo largo de este gradiente. En este estudio, utilicé

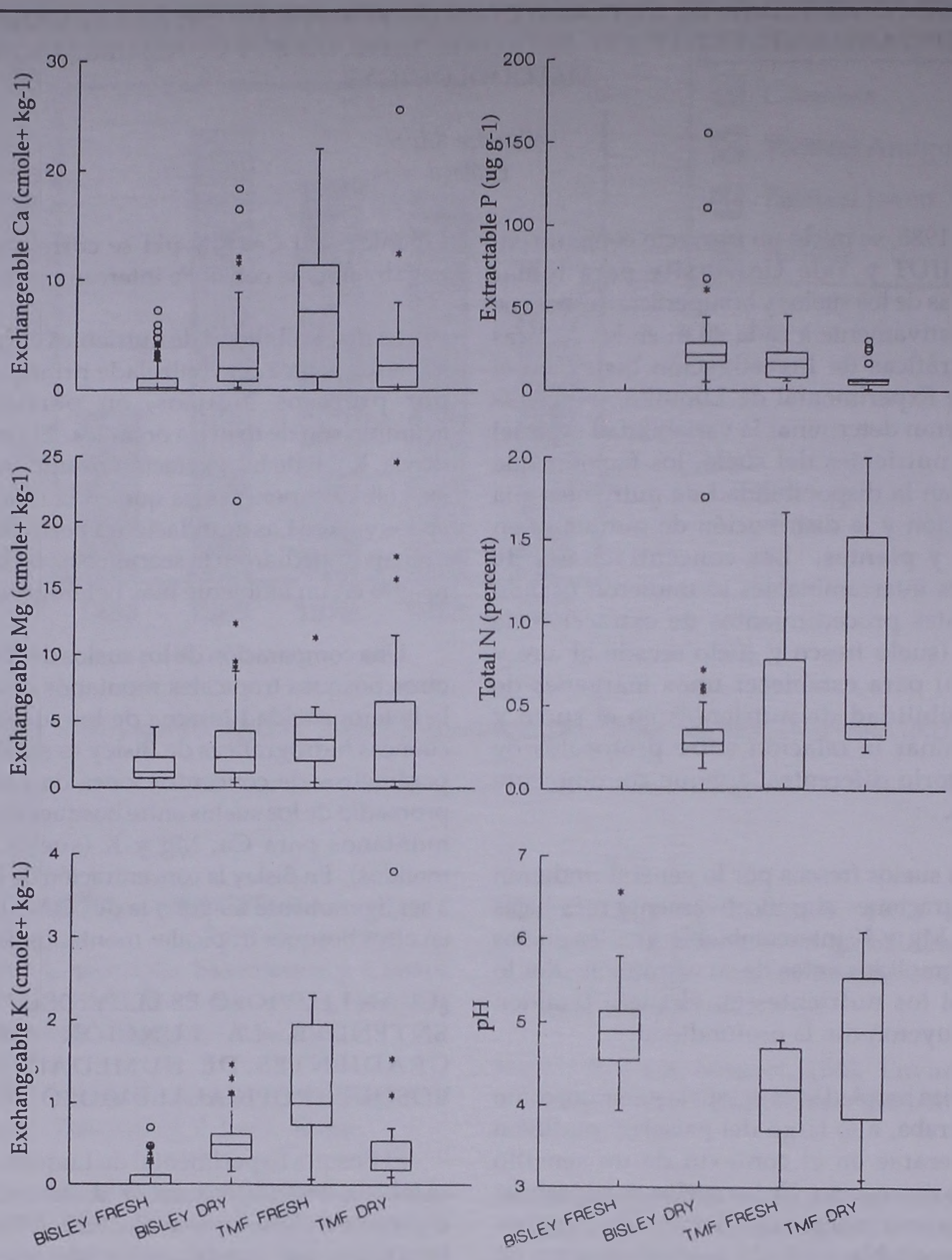


Figura 1. *-Parcelas en forma de cuadrícula para el campo de valores de concentraciones de nutrientes en los suelos de superficie (0-10cm) de las Cuencas Hidrográficas de Investigación Bisley, el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico y otras ubicaciones de bosques tropicales montanos combinadas. Se comparan grupos de datos utilizando suelos frescos (Bisley Fresco, BTM Fresco) y suelos secos/de superficie (Bisley Seco, BTM Seco). Las barras representan la media entre los bigotes, las cuadrículas encierran el rango intercuartil, las estrellas representan los valores atípicos y los puntos son valores extremadamente atípicos (Silver et al. 1994).*

el contenido de oxígeno del suelo como un índice del grado de relación entre la cantidad y la distribución del agua de lluvia y la humedad de las nubes por un lado y la estructura y función del ecosistema del Bosque Experimental de Luquillo por el otro. El porcentaje de oxígeno en el suelo disminuyó a través del gradiente elevacional y correspondió a los cambios en la distribución horizontal radicular y la forma de crecimiento de las plantas. En las elevaciones superiores del bosque nublado, la concentración de oxígeno en el suelo fue muy baja (0-7%), indicativo de que este bosque es esencialmente un medioambiente de humedad temporal. Debido a que el bosque nublado depende particularmente de los patrones de lluvia y humedad de las nubes a fin de mantener su condición de humedad, proponemos que los bosques de este tipo constituyen medioambientes excelentes para el estudio de condiciones climatológicas cambiantes.

ESTUDIOS ENTOMOLÓGICOS

Juan A. Torres
Entomólogo

En colaboración con T.H. Jones, H.M. Garraffo, T.F. Spande, M.S. Blum y R.R. Snelling analizamos los alcaloides venenosos saturados de cuatro especies puertorriqueñas de hormigas del género *Solenopsis* (Diplorhoptrum). Las hormigas obreras de una especie de El Verde produjeron cis y trans isómeros de 2-metilo-6-nonilpiperidina con predominio de los trans isómeros. Este mismo alcaloide se identificó en las reinas de una especie de Río Grande, pero en este caso no se detectaron alcaloides en las hormigas obreras. Las hormigas obreras de otra *Solenopsis* obtenidas en la Isla de Mona produjeron principalmente 2-metilo-6-nonenilpiperidina mientras que el principal compuesto sintetizado por las reinas es el cis (5Z,9Z)-3-hexilo-5-metilindolizidina. La indolizidina producida por las reinas de una especie obtenida en Cabo Rojo es idéntica al alcaloide identificado en las reinas de la Isla de Mona. Por contraste, las hormigas obreras de la especie de Cabo Rojo produjeron dos isómeros de 3-butilo-5-propilindolizidina. Al presente trabajamos en la descripción y la identificación de estas especies de hormigas. Existe la posibilidad de que dos *Solenopsis* arbóreas sean presas de ranas que puedan aislar los alcaloides de las hormigas. El alcaloide principal de las hormigas obreras de una especie fue la indolizidina que típicamente se encuentra en las ranas dendrobátidas. De manera similar a otras especies de *Solenopsis*, las reinas de las especies examinadas resultaron ser muy conservadoras en términos biosintéticos. Visto que las reinas no están activamente involucradas en la defensa, sus recursos biosintéticos bien pueden dedicarse principalmente a la reproducción.

En colaboración con S. Jones, continuamos los análisis de suelos para demostrar la contribución de las termitas al movimiento y a la formación de los suelos del Bosque Seco de Guánica. Continuaron las investigaciones en torno a las hormigas de Puerto Rico en colaboración con R. Snelling. También se obtuvieron datos sobre los coleópteros de las familias de los escolítidos y platipódidos de otros árboles huésped. El trabajo en los escarabajos que atacan la corteza de los árboles se desarrolló en colaboración con T. Atkinson. Además se sometió un manuscrito sobre muestreo y métodos experimentales (en español) a Acta Científica para su publicación.

INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE

Joseph M. Wunderle, Jr.
Biólogo de Investigación de Vida Silvestre

Durante el año fiscal 1993 un nuevo proyecto sobre aves migratorias neotropicales fue iniciado, un curso de entrenamiento de vida silvestre de 18 días se llevó a cabo en Jamaica y varios pequeños proyectos fueron iniciados o completados tal como se detalla a continuación.

DISTRIBUCIÓN INVERNAL Y SOBREVIVENCIA DE AVES MIGRATORIAS EN PEQUEÑAS VERSUS GRANDES PLANTACIONES DE CAFÉ EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

La primera temporada de este proyecto de tres años de duración fue llevado a cabo durante principios (21 de octubre - 6 de noviembre de 1992), mediados (11 de enero - 3 de febrero de 1993) y finales de invierno (8 de marzo - 5 de abril de 1993). Durante este período aves migratorias fueron atrapadas en redes ornitológicas, marcadas con anillos de colores y liberadas. Luego de la liberación, una búsqueda intensiva se realizó para relocalizar todas las aves anilladas y ubicar sus territorios. Estos territorios fueron delineados a principio, mediados y finales de la temporada de invierno para poder medir la reposición de la población en trece plantaciones de café con sombra aisladas (0.10 - 8.7 ha) en los alrededores de Manabao y Jarabacoa en la Cordillera Central. La ayuda en el campo fue provista por dos asistentes del Servicio Forestal Federal y por seis dominicanos asociados al Departamento de Vida Silvestre de la República Dominicana. El proyecto fue financiado en parte por la Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre y la Fundación MacArthur.

RESULTADOS PRELIMINARES

Características de las Plantaciones de Café

Estas características se detallan en la tabla 1. Para examinar los efectos del tamaño de la plantación en las poblaciones de aves migratorias, las plantaciones fueron divididas en categorías de grandes y pequeñas. Las cuatro plantaciones grandes comprendían tamaños de 2.5 - 8.7 ha (promedio de 5.9 ha) y las nueve plantaciones pequeñas comprendían tamaños desde 0.10 - 0.59 ha (promedio de 0.33 ha). La mayoría de las plantaciones pequeñas estaban aisladas en pastizales, con árboles o cúmulos de vegetación entre 20-100 metros. Mientras que las plantaciones grandes estaban rodeadas de áreas de pastoreo, la mayoría estaba adyacente a porciones grandes de bosque latifolio. El gobierno Dominicano actualmente nos está proveyendo con información que nos ayudará a cuantificar el aislamiento de estas plantaciones.

Capturas de aves migratorias

Un total de 289 especies de aves migratorias de 10 especies fueron capturadas y anilladas. Las capturas incluyeron 109 *Dendroica caerulescens*, 73 *Seiurus aurocapillus*, 52 *Setophaga ruticilla*, 19 *Mniotilta varia*, 19 *Dendroica tigrina*, 11 *Geothlypis trichas*, 3 *Dendroica magnolia*, 1 *Parula americana*, 1 *Dendroica discolor* y *Seiurus motacilla*. A la luz de estas muestras hemos decidido enfocar nuestros esfuerzos en *Dendroica caerulescens*, *Setophaga ruticilla y Mniotilta varia*. *Dendroica tigrina* son difíciles de capturar, inclusive usando grabaciones de su canto. Aún cuando *Seiurus aurocapillus* es una especie fácil de capturar, es muy difícil de ser vista en el campo otra vez, y se hace casi imposible ver la combinación de sus bandas de colores. Así que en el futuro nos concentraremos en tres especies, pero trataremos de obtener al menos algo de información en todas las demás especies.

Los machos fueron capturados más abundantemente en los *Geothlypis trichas* (73%), *Dendroica caerulescens* (68%), *Setophaga ruticilla*

Tabla 1. -*Características de las plantaciones de café a la sombra en las cercanías de Manabao y Jarabacoa, República Dominicana.*

Plantación Número	Area (ha)	Perímetro	Perímetro/Area	Distancia estimada a la plantación más cercana
9	0.09	115	0.13	20
2	0.11	132	0.12	55
23	0.13	162	0.12	50
22	0.28	204	0.07	15
16	0.31	272	0.09	20
7	0.44	266	0.06	95
8	0.52	338	0.06	35
30	0.52	276	0.05	20
1	0.59	367	0.06	55
4	2.45	961	0.04	0
29	4.56	960	0.02	0
24	7.65	2,107	0.03	40
17	8.65	1,817	0.02	0

(64%) y *Dendroica tigrina* (63%). En total, el número de adultos capturados (ASY, 140 individuos) fue equivalente al de juveniles (HY/SY, 139 individuos), aún cuando hubo evidentes diferencias entre las especies.

Las aves fueron capturadas en redes ornitológicas distribuídas parejamente a través de toda la plantación. Reproducciones de diferentes cantos y notas de aves migratorias en audiograbadoras fueron usadas para atraer las aves a las redes sólo durante el período de principios de invierno. Este método no fue efectivo durante mediados ni fines de invierno, por lo cual su uso fue descontinuado. Una comparación entre las posibilidades de reencontrar un ave capturada mediante el uso de reproducciones de canto versus las capturadas sin él indica una probabilidad algo mayor de encontrar aves capturadas mediante el método de la reproducción del canto al principio de la temporada de invierno. Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas para las especies individuales. La posibilidad de que estas especies sean reencontradas a mediados o fines de invierno no se diferencia entre los métodos de captura. Así, la posibilidad de encontrar un ave aparenta no ser diferente con el método de captura y los resultados de ambos métodos pueden ser agrupados para ciertos análisis. Obviamente, el aumento en el tamaño de la muestra en los próximos años, ayudará a clarificar este asunto.

Razón de Captura-Reencuentro

Para cuantificar la posibilidad de que un ave anillada sea vista poco después de su liberación, calculamos la razón de Captura - Reencuentro. Esto es una medida de las aves reencontradas en el mismo período de su captura (principios, mediados o finales de invierno), usualmente entre 1 a 4 días luego de su captura. Una razón alta de Captura - Reencuentro indica que las aves permanecen en la plantación de la captura (son territoriales) en contraste a una razón baja que indicaría que numerosos individuos abandonan la plantación de captura (nómadas o "flotadores"). Dependiendo de las especies, las razones de captura - reencuentro variaron entre un 50-100% y cayeron dentro del margen para aves migratorias en extensos bosques naturales en Puerto Rico (Wunderle, sin publicar).

Reposición invernal

La persistencia en el sitio o la reposición invernal de las aves territoriales fue cuantificada determinando la razón de las aves territoriales a principio de invierno que permanecían así a finales de la temporada. Dependiendo de la especie, aproximadamente de un 62-79% de las aves territoriales a principio de invierno estaban aún presentes a finales de la temporada. Estos valores son comparables a los publicados para aves migratorias invernando en bosques naturales en Jamaica (Holmes *et al.* 1989, Condor 91:545-561) y en el caso de *Dendroica caerulescens* el valor total de aves presentes, 79%, fue mayor que el de Jamaica (66%) o Puerto Rico (42-68%, Wunderle, manuscrito en preparación). Para *Setophaga ruticilla*, el valor de 64% presentes a finales de invierno fue menor que en Jamaica (79%). La mayor reposición en las plantaciones de café es atribuida mayormente a la desaparición de los machos adultos (solo el 55% permanecieron en las plantaciones versus 87% en Jamaica) debido a que las hembras fueron más persistentes en el café (78%) que en los bosques de Jamaica (70%). En resumen, la permanencia invernal en el sitio en las plantaciones de café en la República Dominicana es comparable (y en algunos casos mayor) a extensos bosques naturales en el Caribe, aun cuando existan diferencias en el sexo.

El Efecto del Tamaño de la Plantación

Para examinar el efecto del tamaño de la plantación sobre las poblaciones de aves migratorias invernantes comparamos la razón de captura - reencuentro y los valores de reposición invernal para plantaciones grandes y pequeñas.

La reposición invernal o la persistencia en el sitio no se diferencia entre plantaciones grandes y pequeñas para *Dendroica caerulescens* (70% presente a fines de invierno en plantaciones grandes vs. 71% en pequeñas). Sólo una pequeña diferencia existió entre plantaciones en la persistencia territorial de *Setophaga ruticilla* (66% presente a fines de invierno en la plantaciones grandes vs. 60% en pequeñas). Una mayor diferencia se encontró en *Mniotilta varia* (60% presente a fines de invierno en plantaciones grandes vs. 25% en pequeñas), pero el tamaño de la muestra es muy pequeña.

La razón de captura - reencuentro o el porcentaje de aves reencontradas poco después de haber sido capturadas no difiere entre plantaciones grandes y pequeñas en *Setophaga ruticilla* (61% de las aves fueron reencontradas tanto en las plantaciones grandes como en las pequeñas). Las *Dendroica caerulescens* fueron más propensas a ser reencontradas en plantaciones pequeñas (64%) que en grandes (52%). En contraste, *Mniotilta varia* mostró un patrón opuesto al ser más propensas a ser reencontradas en las plantaciones grandes (80%) que en las pequeñas (60%), aún cuando el tamaño de la muestra es muy pequeño.

Información sobre peso y grasa se ha recopilado, pero no se ha analizado aún. Además, removimos una pluma de la cola de todas las aves capturadas para inducir el crecimiento de una nueva pluma. Hemos podido coleccionar la pluma que creció a causa de esta inducción en las aves recapturadas e intentamos medir la distancia entre las barras de crecimiento para obtener una medida de la tasa de crecimiento, lo que nos puede servir como una indicación de la comida disponible en las plantaciones. Además, censos en puntos fijos se realizaron en todas las plantaciones para monitorear la abundancia de aves migratorias a lo largo de todo el invierno. Los censos envuelven 10 minutos de observación silenciosa y 5 minutos de reproducción de grabaciones de cantos y notas de aves migratorias. Debido a que los conteos fueron realizados en plantaciones con aves anilladas territoriales, será posible evaluar la efectividad de estos conteos (en silencio y con grabadora) para detectar aves territoriales. Esta información aún no se ha analizado.

Proyectos Adicionales

Un viaje de tres semanas a Belém y Santarem, Brasil, nos permitió a mi colaborador, el Dr. Michael Willig de la Universidad de Texas Tech y a mí, reunirnos con nuestros colegas brasileños, los Drs. David Oren y Sueley Marquis del Museu Paraense Emilio Goeldi. En la actualidad estamos desarrollando un proyecto diseñado para determinar los efectos de las aperturas y los márgenes o lindes del bosque en las comunidades de aves y murciélagos. Este proyecto se llevará a cabo en el Bosque Nacional Tapajos y nos permitirá determinar aquellas especies silvestres en el bosque que son particularmente sensitivas a las prácticas de silvicultura y extracción maderera.

Serví como coordinador de cursos y tutor principal para el curso de entrenamiento de ecología y conservación de bosques del Caribe auspiciado por el International Council for Bird Preservation en Discovery Bay, Jamaica, del 23 de noviembre al 11 de diciembre de 1992. Los participantes fueron principalmente administradores de los departamentos de dasonomía y conservación del Este del Caribe y de Jamaica. El curso envolvió tutores de distintas organizaciones locales e internacionales y fue enfocado hacia los métodos de muestreo y monitoreo de campo para las comunidades de vida silvestre y plantas del Caribe.

Durante el año fiscal 1993 se realizaron dos publicaciones incluyendo la de los efectos del huracán Hugo en las poblaciones de aves de St. Croix (Wauer y Wunderle 1992), y otro sobre un censo de aves hecho por un estudiante de la Universidad de Puerto Rico.

LITERATURA CITADA

Wauer, R.H. y J.M. Wunderle. 1992. The effects of Hurricane Hugo on bird populations on St. Croix, U.S. Virgin Islands, Wilson Bull. 104:656-673.

Wunderle, J.M., R.B. Waide, B. Sánchez, y D. Rodríguez. 1992. Primera observación de *Vermivora virginiae* (Aves, Emberizidae) en Cuba. Comunicaciones breves de Zoología, Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, p. 4.

INVESTIGACIONES DE AVES A LARGO PLAZO

Wayne J. Arendt
Biólogo de Vida Silvestre

HISTORIA DE VIDA Y ECOLOGÍA DEL ZORZAL PARDO

El primer borrador sobre la monografía del Zorzal Pardo se terminó el 11 de agosto de 1993, luego de cinco años de preparación. A continuación se presenta un breve resúmen de los resultados más sobresalientes incluidos en el capítulo de reproducción, el cual es el más importante del estudio. Se incluyeron tres tópicos principales, a saber: (1) tasas de retorno anuales de los individuos anidadores, incluyendo los efectos del huracán Hugo; (2) efectos del huracán en las temporadas de anidaje y varios parámetros reproductivos; y (3) éxito reproductivo de por vida, esto es, el número de volantones producidos durante la vida de los individuos anidadores, incluyendo el reclutamiento de los volantones dentro de la población reproductora muestreada.

TASAS DE RETORNO ANUALES

La razón de retorno anual promedio combinada para 86 machos y 121 hembras anillados que anidaron en las cajas desde el 1979 hasta el 1992 fue de un 84%, con una mayor razón de retorno para los machos (87%) que para las hembras (82%) (fig. 1). Luego del huracán Hugo, la razón de retorno anual promedio combinada bajó drásticamente a un 49% (42% en los machos y 56% en las hembras), aunque alcanzó el nivel que había alcanzado previo al disturbio al comienzo de la segunda temporada de anidaje luego del huracán.

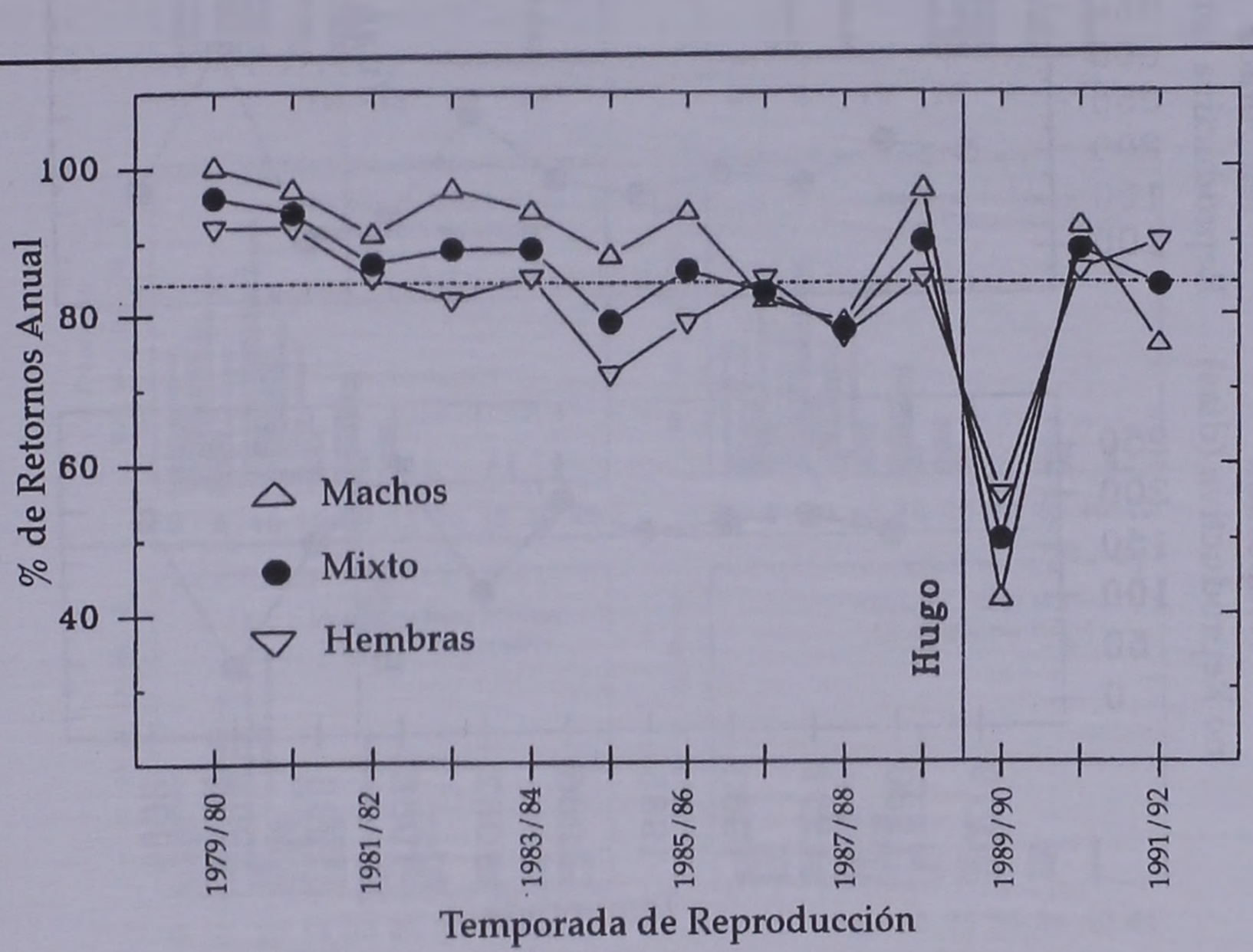


Figura 1. *-Tasas de retorno anual para 86 machos y 121 hembras del Zorzal Pardo anidando en cajas entre 1979 y 1992. El huracán Hugo disminuyó las tasas de retorno de manera significativa, pero los niveles existentes previos al disturbio se recuperaron durante la segunda temporada de reproducción después del disturbio. La línea punteada que atraviesa todo el diagrama es la razón de retorno promedio para ambos sexos.*

TEMPORADAS DE ANIDAJE

El Zorzal Pardo realiza su actividad reproductiva durante un poco más de la mitad de cada año. La duración promedio de 11 temporadas de anidaje fue de 192 días o casi 6.5 meses (min. = 115 días; max. = 322). Por consiguiente, el Zorzal Pardo necesita de aproximadamente 5.5 meses para renovar sus órganos reproductivos y para reemplazar sus reservas de grasa. La temporada de anidaje más corta (3.8 meses) fue observada luego del huracán Hugo. Por otro lado, la temporada más larga (11 meses) ocurrió dos años luego del disturbio. Excluyendo éstos efectos del huracán, la temporada de anidaje más larga (8 meses) se acortó por casi 3 meses, mientras que la temporada no reproductiva aumentó por casi 2.5 meses (fig. 2).

EXITO REPRODUCTIVO

Entre el 1979 y el 1992, casi el 80% de todos los huevos puestos produjeron pichones, de los cuales casi la mitad (48%) volaron exitosamente. Solamente el 2% de los volantones fueron reclutados en la población muestreada. El huracán Hugo afectó significativamente el tiempo de la deposición de huevos y el reciclaje. En adición, los tamaños de la camada y el número anual de intentos de anidaje por hembra se redujeron significativamente.

EXITO REPRODUCTIVO DE POR VIDA

Debido a que los zorzales machos viven, o al menos, anidan por más temporadas que las hembras, se espera que produzcan más crías

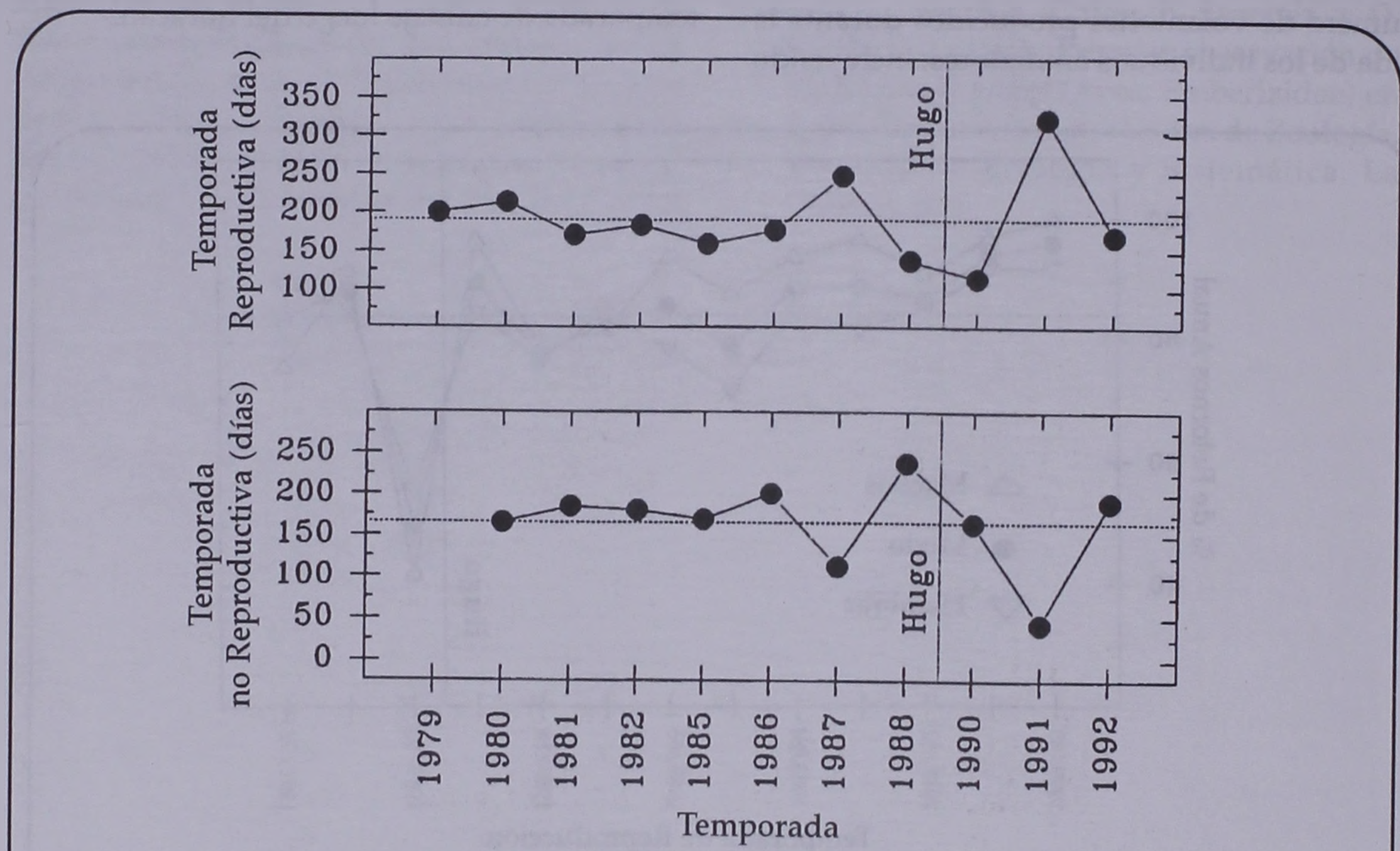


Figura 2. *-Duración de las temporadas reproductivas y no-reproductivas para 11 Zorzales Pardos. Las líneas punteadas horizontales que atraviesan los diagramas representan la duración promedio de todas las temporadas reproductivas y no-reproductivas muestreadas entre 1979 y 1992. Los efectos del huracán Hugo sobre la duración de las temporadas reproductivas y no-reproductivas fueron significativos.*

durante su vida que sus compañeras. Se encontró que los machos producen signicativamente más volantones en su vida (x = 19.324 ± SE = 1.345; rango = 0 - 45) que las hembras (x = 10.684 ± SE = 0.792; rango = 0 - 42); Mann-Whitney (T = 9,357, P = 0.05). Un poco más del doble del número de zorzales machos produjeron 30 o más volantones que las hembras (fig. 3).

Numerosos estudios a largo plazo han demostrado que un 50% o más de los volantones y subsiguientes reclutas dentro de la población reproductora son producidos por solamente el 15-30% de los individuos anidadores. En el Zorzal Pardo, el 87% de los individuos anidadores no lograron producir anidadores subsiguientes dentro de la población muestreada. Solamente el 13% de las aves anidadoras (11 de 86 machos y 16 de 121 hembras) produjeron volantones que fueron luego reclutados dentro de la población. Ni un sólo individuo anidador fue responsable en producir más de 2 reclutas. La razón de reclutamiento no necesariamente tiene que ser alta en esta población de zorzales de este bosque lluvioso debido a que el Zorzal Pardo es una especie longeva. Algunos individuos de ambos sexos sobreviven y se han mantenido anidando durante 14 años.

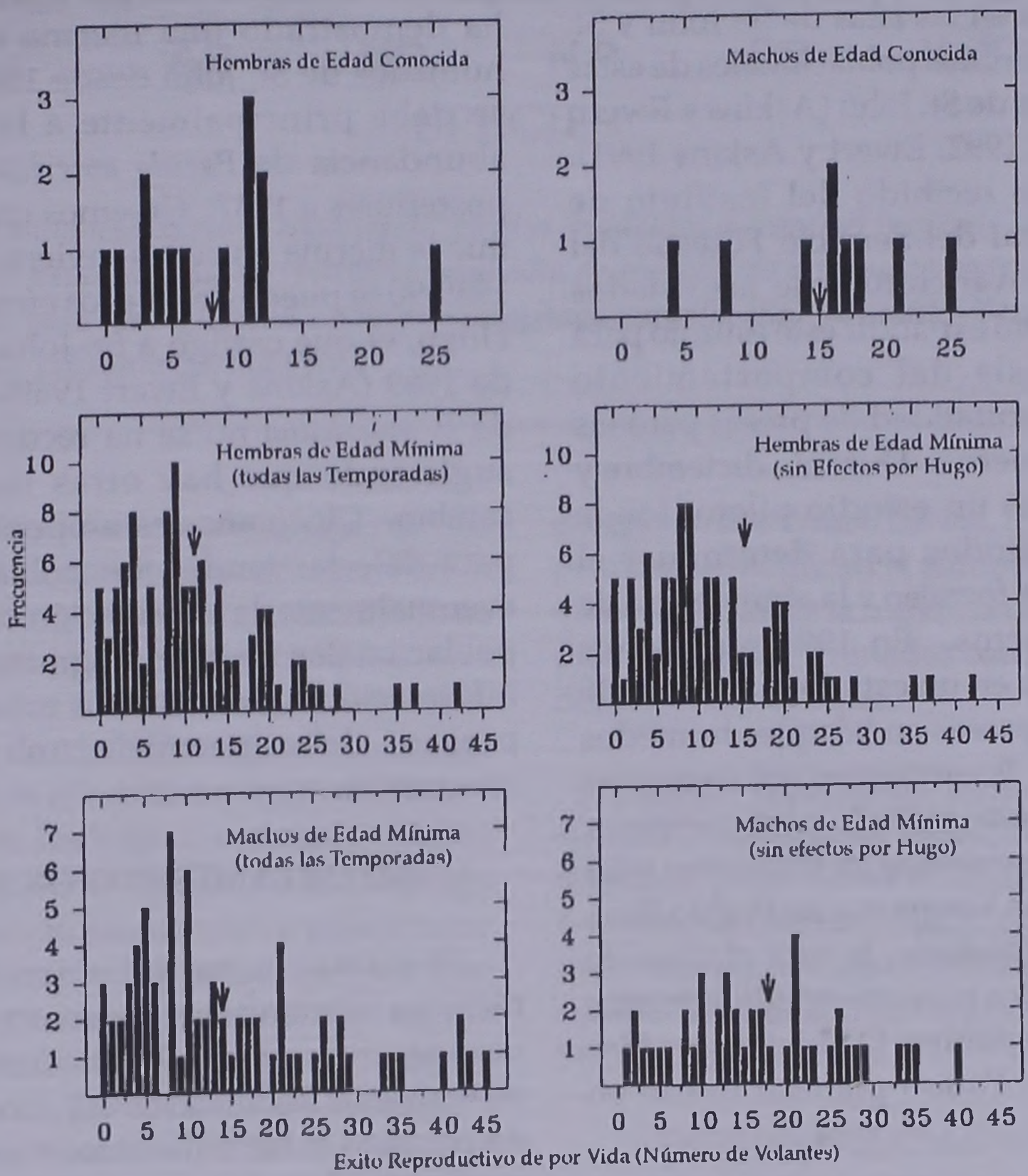


Figura 3. *-Exito reproductivo de por vida (expresado como número de volantes) en zorzales de edad conocida y mínima. El éxito reproductivo se comparó excluyendo los efectos del huracán Hugo mediante la eliminación de las temporadas de anidaje de 1990 y 1991. A pesar de que la distribución de frecuencias se ve alterada visualmente, no son significativas para cualquiera de los sexos a un nivel de confianza del 95%. Las flechas (↓) representan promedios.*

INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE

Robert A. Askins y David N. Ewert
Biólogos de Vida Silvestre
Connecticut College
The Nature Conservancy

INTRODUCCIÓN

Desde 1987 hemos estado estudiando la ecología de aves migratorias que pasan el invierno en las Islas Vírgenes Estadounidenses. Del 1987 al 1992 nuestro trabajo (que ha sido auspiciado por el Servicio Nacional de Parques, la National Geographic Society y la World Nature Association) fue enfocado hacia la distribución de aves migratorias terrestres en diferentes hábitats en las islas de St. John y St. Thomas y en los cambios poblacionales de estas aves en localidades de St. John (Askins y Ewert, 1991; Askins *et al.* 1992; Ewert y Askins 1991). En 1993, el apoyo recibido del Instituto de Dasonomía Tropical del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, nos permitió expandir este estudio para incluir un análisis del comportamiento alimenticio y disponibilidad de presas para las aves durante el invierno. Durante diciembre y enero completamos un estudio piloto donde desarrollamos métodos para determinar el comportamiento de forrajeo y la abundancia de las presas de insectos. En 1994 planeamos aplicar este método en un estudio intensivo de disponibilidad de presas en bosques húmedos y secos en St. John. En inviernos subsiguientes planeamos aplicar este método para comparar hábitats de aves migratorias en diferentes islas del grupo de las Islas Vírgenes y en Puerto Rico. También, Joseph Wunderle, Jr. está planeando adoptar estos métodos para sus estudios de aves migratorias en la República Dominicana y Lise Hanners y Stephen Patton planean usarlo en Jamaica.

MONITOREO POBLACIONAL DE REINITAS MIGRATORIAS EN ST. JOHN

Usamos conteos en puntos de radio fijo (Hutto *et al.* 1986) para estimar la abundancia relativa de aves en 40 puntos en bosque húmedo y 22 en bosque seco. Censos se completaron en esos mismos puntos en 1987, 1990, 1991 y en 1992 (Askins y Ewert 1991). Tomamos nota de todas las aves detectadas a 25 m del punto de conteo durante un período de observación de 10 minutos.

La abundancia total de reinitas migratorias que residen en el bosque durante el invierno ha demostrado una merma en los bosques húmedos de St. John desde 1987 (fig. 1). Esto se debe principalmente a la reducción en abundancia de *Parula americana* en los años posteriores a 1987. Creemos en la hipótesis de que la merma entre los inviernos de 1987-88 y 1989-90 se puede deber a los efectos del huracán Hugo, el que castigó a St. John en septiembre de 1989 (Askins y Ewert 1989). La población de *P. americana* no se ha recuperado todavía, sugiriendo que hay otras razones para el cambio. Cinco años es un período muy corto para detectar tendencias poblacionales, pero eventualmente, la información sobre tendencias poblacionales en aves migratorias, junto a la información sobre cambios en abundancia de presas, debe permitir un análisis más conclusivo.

COMPORTAMIENTO DE FORRAJEO

Tomamos nota del microhábitat y las técnicas alimenticias de reinitas en forrajeo usando un esquema de clasificación derivado de Remsen y Robinson (1990). Los movimientos de forrajeo y los substratos fueron grabados mediante el uso de una grabadora portátil. Observamos el comportamiento alimenticio de 111 reinitas individuales de 9 especies. *Setophaga ruticilla, Mniotilta varia y Parula americana* fueron observadas más frecuentemente. Estas especies demostraron diferencias distintivas en el uso de

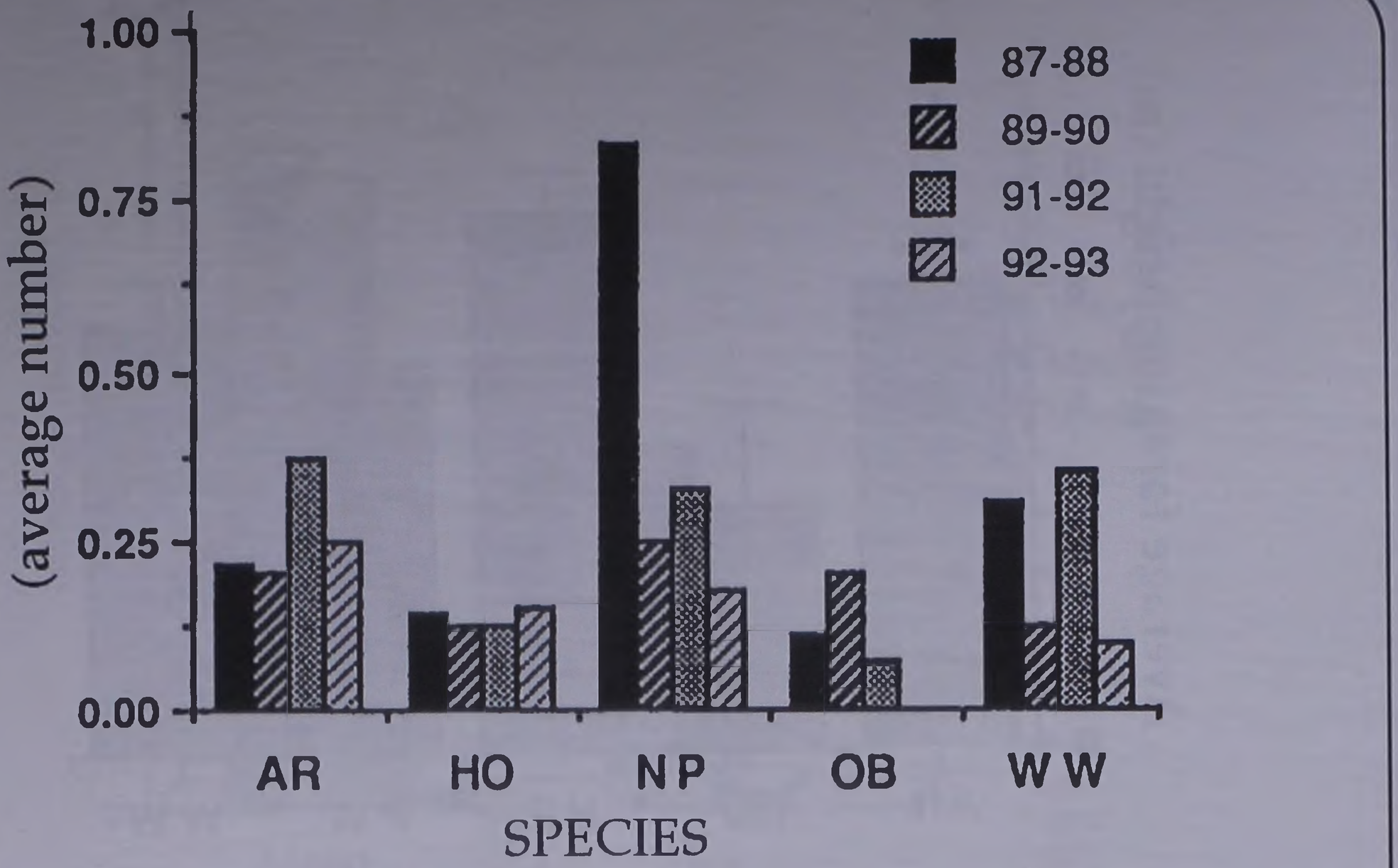


Figura 1. *-Abundancia de cinco especies de reinitas residentes durante el invierno en St. John, Islas Vírgenes de los Estados Unidos. Número promedio de individuos por punto censado en el bosque húmedo (n=40) para las siguientes especies: (Setophaga ruticilla (Sr), Mniotilta varia (Mv), Parula americana (Pa), Wilsonia citrina (Wc).*

los métodos alimenticios, con *Setophaga ruticilla* predominando en maniobras aéreas, *Parula americana* predominando en maniobras dirigidas a las hojas, y *Mniotilta varia* con maniobras dirigidas a la corteza de los árboles. Con la excepción de *Mniotilta varia*, sin embargo, todas las reinitas se alimentan primordialmente de los insectos en las hojas. Inclusive reinitas que utilizan maniobras aéreas como *Setophaga ruticilla y Wilsonia citrina*, tienden a alimentarse en el follaje, atrapando insectos que han espantado o manteniéndose en el aire con la idea de atrapar insectos de la superficie de las hojas. Por lo tanto, los insectos en las hojas o que escapan de éstas, en vez de los que emprenden vuelos libres, son las presas más probables de las aves migratorias en St. John.

La mayoría de las especies comunes de reinitas forrajean primordialmente entre 6 y 12 metros sobre el nivel del suelo (fig. 2). La excepción fue *Wilson citrina*, la cual observamos primordialmente en el sotobosque. Esto indica que las presas de la mayoría de las especies solo pueden ser determinadas con muestras de hojas del dosel del bosque.

Fuimos capaces de determinar la tasa de ataque (número de maniobras de forrajeo/minuto) para 52 aves individuales. Estas razones pueden ser usadas como una indicación indirecta de la disponibilidad de presas para comparaciones con otros sitios o condiciones en St. John en el futuro.

DISPONIBILIDAD DE PRESAS

Usamos una versión modificada del método de muestreo visual de hojas desarrollado por Holmes *et al*. (1986). En cada sitio muestreamos insectos a lo largo de 20 transectos separados a 25 m. En cada transecto inspeccionamos ambas

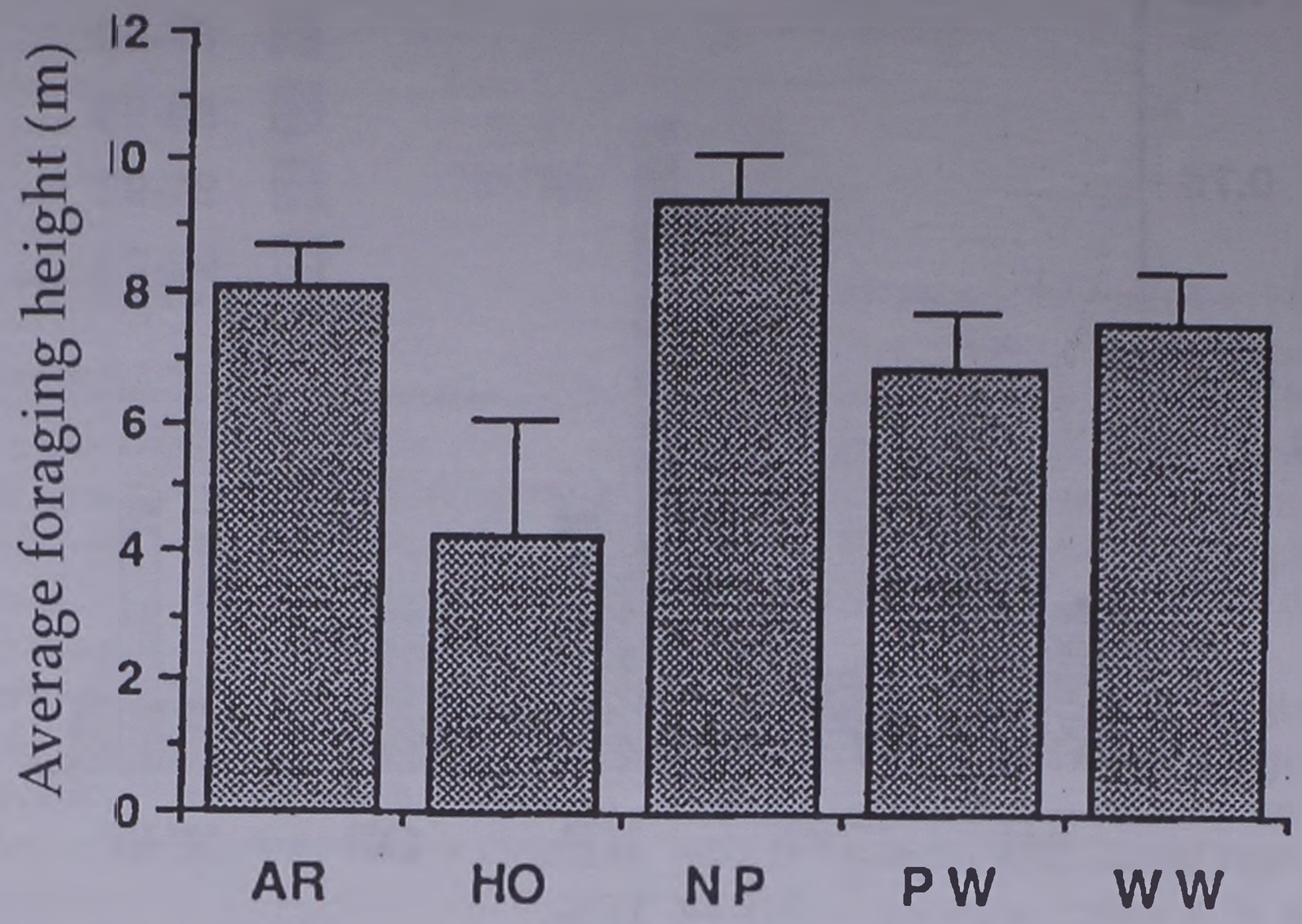


Figura 2. *-Alturas de forrajeo promedio para las cinco especies de reinitas observadas con mayor frecuencia en un estudio preliminar. El tamaño de las muestras son como sigue: Las barras representan el error estándar.*

superficies de todas las hojas en una línea a la altura del pecho durante un período de 2 minutos.

Muestreamos 6 sitios en bosque húmedo y 3 en bosque seco. También completamos una prueba preliminar de una técnica para el muestreo de insectos en las hojas en el dosel de los árboles. Una red para insectos con postes de extensión fue levantada hasta el dosel y colocada alrededor de una rama, la que fue cortada usando tijeras de podar con extensiones, para obtener una muestra de hojas. Además, usamos una trampa malasiana a 2 m de altura para interceptar y capturar insectos volando. La trampa fue puesta en siete sitios por 24 horas, cuatro en bosque húmedo y tres en bosque seco.

Censos de insectos de las hojas de la capa de arbustos indican que la abundancia de insectos y otros invertebrados fue mayor en el bosque húmedo que en el seco (fig. 3). En contraste, las trampas malasianas indican que los insectos voladores son más comunes en el bosque seco que en el húmedo. En base a nuestro análisis preliminar del comportamiento de forrajeo, las trampas malasianas no atrapan los tipos de insectos que son la presa primaria de las aves de invierno de St. John. Sin embargo, estas trampas atrapan más insectos en los bosques secos, donde la densidad de aves migratorias es menor que en bosques húmedos, donde las aves migratorias son más abundantes. Por lo tanto, en la próxima etapa de este estudio planeamos determinar la abundancia de presas mediante el muestreo de insectos en las hojas, tanto en el dosel como en la capa de arbustos en vez de usar trampas malasianas. Nuestros resultados serán útiles para determinar cambios en la disponibilidad de presas en St. John y para comparar disponibilidad de presas en diferentes hábitats y diferentes islas.

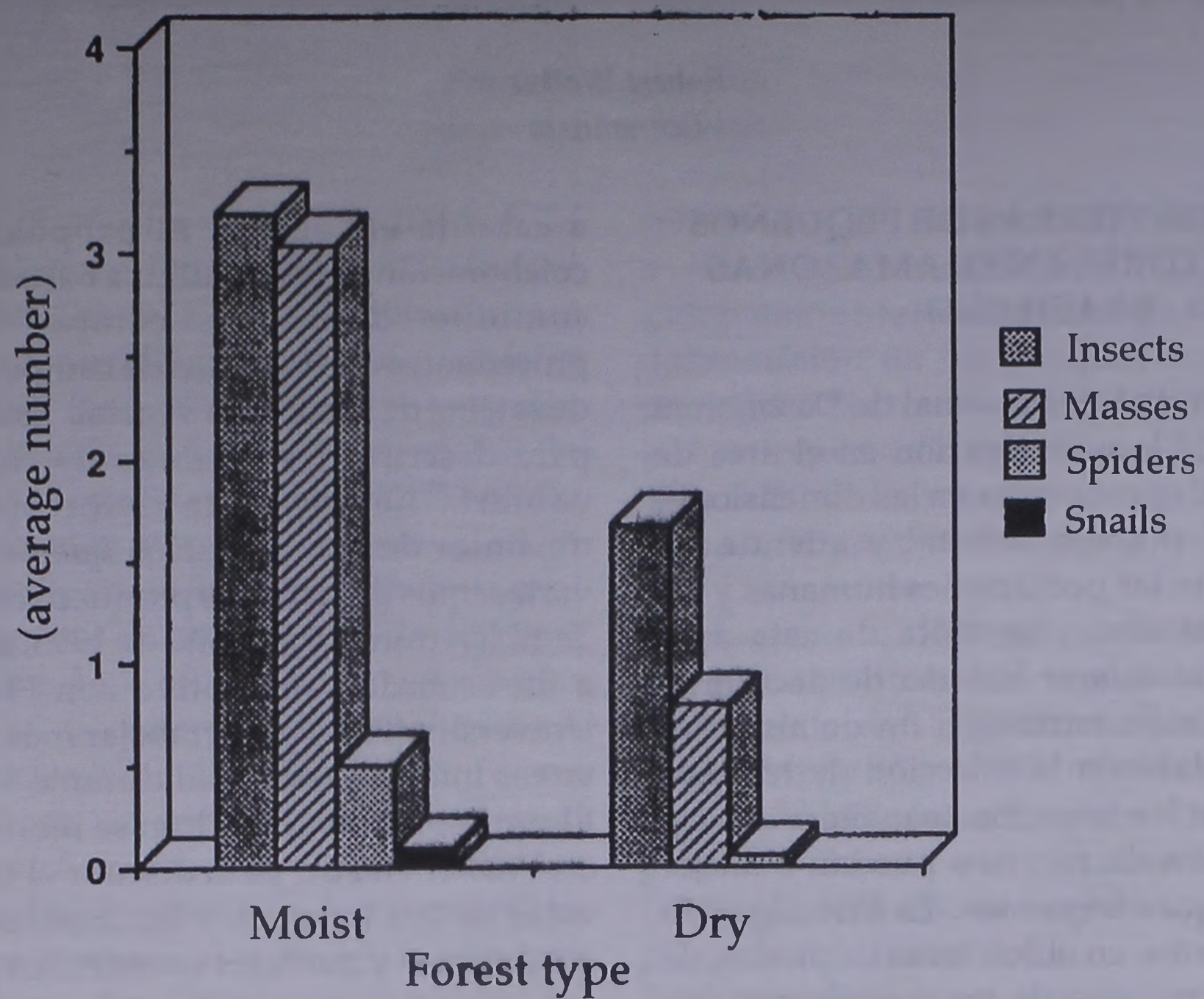


Figura 3. *-Número de individuos promedio (para insectos, arañas y caracoles) o masas de individuos (agregaciones de huevos o insectos minúsculos como los áfidos). Se exponen los promedios para seis transectos en el bosque húmedo (moist) y tres transectos en arbolados secos (seco) que se censaron en un estudio preliminar.*

LITERATURA CITADA

Askins, R. A. y D.N. Ewert. 1991. Impact of Hurricane Hugo on bird populations on St. John, U.S. Virgin Islands. Biotropica 23:481-487.

Askins, R.A., D.N. Ewert, y R.L. Norton. 1992. Abundance of wintering migrants in fragmented and continuous forests in the U.S. Virgin Islands. Páginas 197-206 *En: Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds.* J.M. Hagan, and D.W. Johnston, editores. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

Ewert, D.N. y R.A. Askins. 1991. Flocking behavior of migratory warblers in winter in the Virgin Islands. Condor 93:864-868.

Holmes, R.T., T.W. Sherry, y F.W. Sturges. 1986. Bird community dynamics in a temperate deciduous forest: long-term trends at Hubbard Brook. Ecological Monographs 56:201-220.

Hutto, R.L., S.M. Pletschet, y P. Hendricks. 1986. A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. Auk 103:593-602.

Remsen, J.V., Jr. y S.K. Robinson. 1990. A classification scheme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats. Studies in Avian Biology 13:144-160 .

INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE ECOLOGÍA SOCIAL

Robert Walker
Economista

MANEJO DE TIERRAS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES EN EL AMAZONAS BRASILEÑO

En el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) la investigación en el área de ecología social se concentra en las dimensiones humanas del manejo forestal y atiende las relaciones entre las poblaciones humanas y los recursos forestales. La meta de esta área investigativa es aclarar la toma de decisiones de los usuarios de terrenos a fin de aislar los factores que llevan a la selección de terrenos sostenibles por los usuarios de manera que los administradores de recursos puedan manejar mejor los bosques tropicales. La investigación estudia los efectos, en ubicaciones tropicales, de la mobilidad invasiva de las poblaciones que viene motivada por usos de terrenos sostenibles. Los temas de estudio incluyen: la evaluación de prácticas de uso de terrenos en el triángulo Santarem de Brasil y su relación con el mantenimiento de bosques, la adopción de vegetación leñosa en los sistemas agrícolas y el uso del fuego. Los estudios incluyen la cuantificación del valor económico de los bosques tropicales así como los efectos sociales y ambientales de la recreación sobre los mismos.

Durante el otoño de 1993, un técnico del IIDT visitó Indiana University para iniciar un esfuerzo colaborativo con los científicos sociales de dicha universidad que al momento poseían una serie temporal de alta resolución e imágenes de satélite para la región de Brasil donde se llevó a cabo la encuesta. El propósito de esta colaboración es construir una base de datos que combine datos de campo detallados procedentes de encuestas de campo e imágenes de satélite de la cubierta vegetal. Estas se usarán para describir los patrones de cambio en la cubierta herbácea, la deforestación y la dinámica de uso de suelos que se asocia con varios tipos de sistemas productivos pequeños. También durante el otoño de 1993, el IIDT llegó a un acuerdo cooperativo con Florida State University (FSU) para trabajar más a fondo las tareas iniciadas en Brasil durante 1992 y 1993. El profesor Howard Odum se reunió con Robert Walker en FSU para discutir el concepto de valor de los bosques y las traslaciones entre ecosistemas y modelos económicos.

LITERATURA CITADA

Homma, A., R.T. Walker, F.N. Scatena, A. de Conto, R. Carvalho, A. da Rocha, C. Ferreira, y A. dos Santos. 1993. A dinamica dos desmatamentos e das queimadas na Amazonia: uma analise microeconômica. Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. 31(2):663-676.

Walker, R.T., A. Homma, F.N. Scatena, A. de Conto, R. Carvalho, A. da Rocha, C. Ferreira, y A. dos Santos. 1993. Sustainable farm management in the amazon piedmont. Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. 31(2):706-720.

LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL Y LA DASONOMÍA ESTATAL Y PRIVADA

Frank H. Wadsworth
Investigador Forestal

Durante el año fiscal 1993 la unidad de Cooperación Internacional asignó un dasónomo y un silvicultor general al área de Latinoamerica Tropical. Se desarrolló un pequeño portafolio de proyectos con financiamiento. En cooperación con la Sociedad Internacional de Dasónomos Tropicales, se expandió el boletín de la organización para que se publicara en francés además de en inglés y español, y se asignaron algunos fondos a la partida de viajes a fin de sufragar los gastos de transportación de oficiales del extranjero para que asistieran a reuniones claves. En Dominica, y en cooperación con un grupo de la comunidad, *Cottage Forest Industries*, se llevó a cabo un proyecto de diseño y aplicación de prácticas dasonómicas sustentables en un bosque de demostración. En Dominica también, se desarrolló un proyecto de adiestramiento en dasonomía. Para fines de año se proveyó ayuda al Plan Piloto, un programa comunal de producción maderera en el Estado de Quintana Roo, México.

Se proveyó ayuda técnica a la asociación de trabajadores de la madera con relación a la certificación de maderas importadas así como a un sinnúmero de organizaciones no gubernamentales preocupadas por la desaparición de los bosques tropicales. Se proveyó asesoramiento y adiestramiento a grupos especiales en Antigua, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Dominica, Granada, Malasia, México, Monserrat, Panamá y Trinidad.

Asignamos a dos miembros de nuestro personal para trabajar con la División de Dasonomía del Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico a fin de ayudar con el manejo de 14 Bosques Estatales. Dicho personal prepara boletines que describen los puntos de interés de cada uno de estos bosques en los que recalcan el historial del uso de los suelos y su botánica. También se provee ayuda técnica al Gobierno de Puerto Rico en el aspecto de análisis legislativo y asesoramiento en el uso de terrenos. Asimismo se ofrece asistencia a organizaciones locales no gubernamentales, como el Fondo de Conservación de Puerto Rico, Los Niños Escuchas de América, la Sociedad de Historia Natural de Puerto Rico y la Fundación de Conservación de Puerto Rico.

INVESTIGACIÓN DE COTORRAS

J. Michael Meyers
National Biologist Survey
Biólogo de Investigación de Vida Silvestre

Técnicas de marca, captura y radiotelemetría para cotorras

Los diseños de radiocollares y radiotransmisores para cotorras tuvieron éxito. Las señales radiales permitieron seguir la pista a las cotorras durante un promedio de 44.3 semanas. Los radios funcionaron durante 8 a 9 semanas más de lo que se había previsto. Las técnicas de marcado también tuvieron éxito, pero necesitan desarrollarse más. Todos los marcados de patas a colores resistieron sin dañarse hasta un máximo de 660 días. Se están desarrollando anillos de patas compuestos para marcar cotorras. Se recopilaron más de 2,697 datos sobre las localizaciones y los hábitats de 17 cotorras exóticas marcadas en dos ubicaciones de estudio al oeste y al sur de Puerto Rico. Todas las ubicaciones han sido digitalizadas mediante Sistemas de Posición Global. También se recogieron datos en ubicaciones aleatorias de hábitats de cotorras en 1,563 lugares. Se recopilaron datos cuantitativos sobre forraje para las cotorras marcadas durante un total de 32 horas.

En una tercera ubicación de estudio al noreste de Puerto Rico, dos veces al mes se encuestan 135 pericos marcados en las alas (por marcas de color) para obtener datos de supervivencia y tamaño de la población. Más del 60 por ciento de los pericos marcados ha vuelto a verse (promedio de 25 individuos marcados/encuesta). Se marcaron seis pericos con transmisores para localizar sus dormideros. Además, se colocaron anillos en las patas de 79 pericos solamente para determinar los efectos de las marcas en las alas sobre su supervivencia y para determinar la productividad de un año de pollada.

Actividades y hábitat de Cotorras de Puerto Rico reproductivamente activas e inactivas

Se estudiaron los efectos del huracán Hugo mediante un análisis de los datos sobre los hábitats existentes y el daño sufrido por los árboles en las áreas de anidaje de cotorras. Este análisis determinó que era necesario obtener más datos sobre hábitats a fin de predecir el hábitat potencial de las cotorras. Estos datos se recopilarán durante el 1994.

Planes preliminares para investigación sobre la liberación de cotorras criadas en cautiverio

Se iniciaron los contactos y las colaboraciones preliminares para liberar cotorras criadas en cautiverio en la República Dominicana un profesor universitario de dicho país, un biólogo de investigación de vida silvestre del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical del Servicio Forestal y con el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. Se compró el material necesario para construir las jaulas para el transporte aéreo de cotorras criadas en cautiverio en el Aviario de Río Abajo. La investigación sobre la liberación de cotorras criadas en cautiverio comenzará en 1994 con la construcción de las jaulas para transporte aéreo y el trabajo de campo preliminar en torno a las ubicaciones para liberación en la República Dominicana.

Resumen ejecutivo de resultados y conclusiones

Las técnicas de captura de cotorras y pericos desarrolladas en años anteriores continuaron siendo muy efectivas. En promedio, se capturó una Cotorra de Puerto Rico por cada 26-42

horas-red (total de redes por horas de operación). Las tasas de captura de pericos fluctuaron entre 1-15/horas red. Los marcadores desarrollados para las cotorras resultaron apropiados para estudios de menos de 300 individuos. Los marcadores de patagio o anillos de aluminio USFWS no son apropiados para marcar las Cotorras de Puerto Rico. Los anillos de aluminio USFWS no deben usarse en cotorras según indica el Manual de Anillado de Aves. El desarrollo de un marcador a colores de mayor duración y mayor número de combinaciones (hasta 4 anillos por individuos) puede ser necesario y está en vías de desarrollo. Se desarrolló un collar de telemetría para seguir la pista a las cotorras (incluyendo la Cotorra de Puerto Rico) durante un promedio de 45 semanas. Este collar se usará en las investigaciones sobre la liberación de cotorras de La Española criadas en el cautiverio. Los datos sobre hábitat indicaron que los lugares de anidaje son muy diferentes de los lugares de actividad de cotorras cercanos. Deberá recopilarse más información en ubicaciones mejoradas (manejadas) de anidaje de cotorras para determinar si éstas son áreas de anidaje potenciales (47 ubicaciones mejoradas). El abandono de aquellas ubicaciones (de las 47) que no sean áreas de anidaje potenciales ahorrará tiempo valioso y evitará que se invierta dinero en prácticas de manejo no efectivas. Estos recursos podrían entonces invertirse en realzar ubicaciones de anidaje que sean similares al hábitat encontrado en las ubicaciones de anidaje reales.

LITERATURA CITADA

Brock, M.K. y B.N. White. 1993. Application of DNA fingerprinting to the recovery program of the endangered Puerto Rican parrot. Proc. Nat. Acad. Sci. 89:1121-1125.

Brock, M.K. y B.N. White. 1993. The Puerto Rican Parrot: genetic assessment of the captive breeding program afa Watchbird 20(6):58-63.

Meyers, J.M. y K.L. Pardieck. 1993. Evaluation of the mist-net systems for sampling birds J. Field Ornith. 64:270-277.

LABORATORIO DE QUÍMICA

Mary Jeane Sánchez
Química

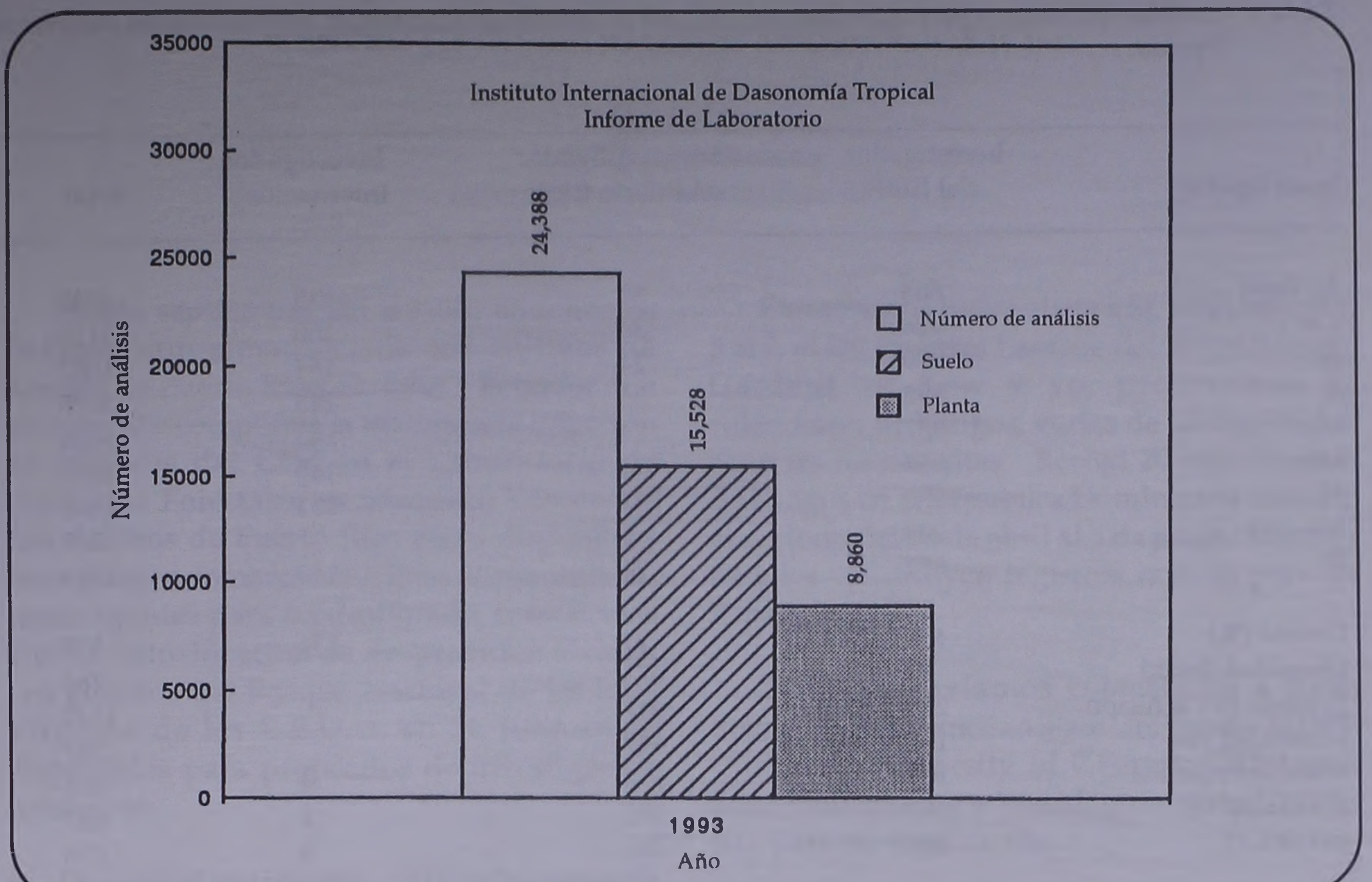
El laboratorio del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical consta de un grupo permanente de 3 químicos y un estudiante a tiempo parcial. El laboratorio tiene la capacidad de analizar nutrientes totales y disponibles para muestras de suelo y vegetación. Algunos de estos análisis que se analizan de manera rutinaria son: aluminio, calcio, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, materia orgánica, nitrógeno y potasio. También se analizan, pero con menos frecuencia, microelementos tales como: cobalto, cobre, cromio, níquel y sodio.

Este año se hicieron 24,388 análisis para 17 proyectos. De estos 17 proyectos, 2 correspondieron a colaboradores internacionales (Argentina, Venezuela) y 8 a otros colaboradores.

A diferencia del año pasado, este año 64% de los análisis fueron de suelo y 35% de tejido vegetal. El laboratorio continúa en crecimiento y se espera que pronto tenga la capacidad de analizar muestras de aire y agua.

Reporte Análisis Planta 1993

Investigador									
N	54	204	297	211	23	145	24	6	964
P	22	164	422	211	24	143			986
K	22	196	424	213	35	148			1038
Ca	37	201	425	216	34	160			1073
Mg	22	164	422	211	24	143			986
Fel	22	164	464	211	24	154			1039
Mn	22	164	422	211	31	143			993
Al	22	164	427	211	31	143			998
Na			205						
205									
Ni									
Co									
Cr									
Cu									
Zn									
B									
Mo									
% Ceniza	53	185		182	22	136			578
Total	276	1811	3303	1877	248	1315	24	6	8860


Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Informe de Laboratorio
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
Número de análisis
24,388
15,528
8,860
Número de análisis
Suelo
Planta
1993
Año

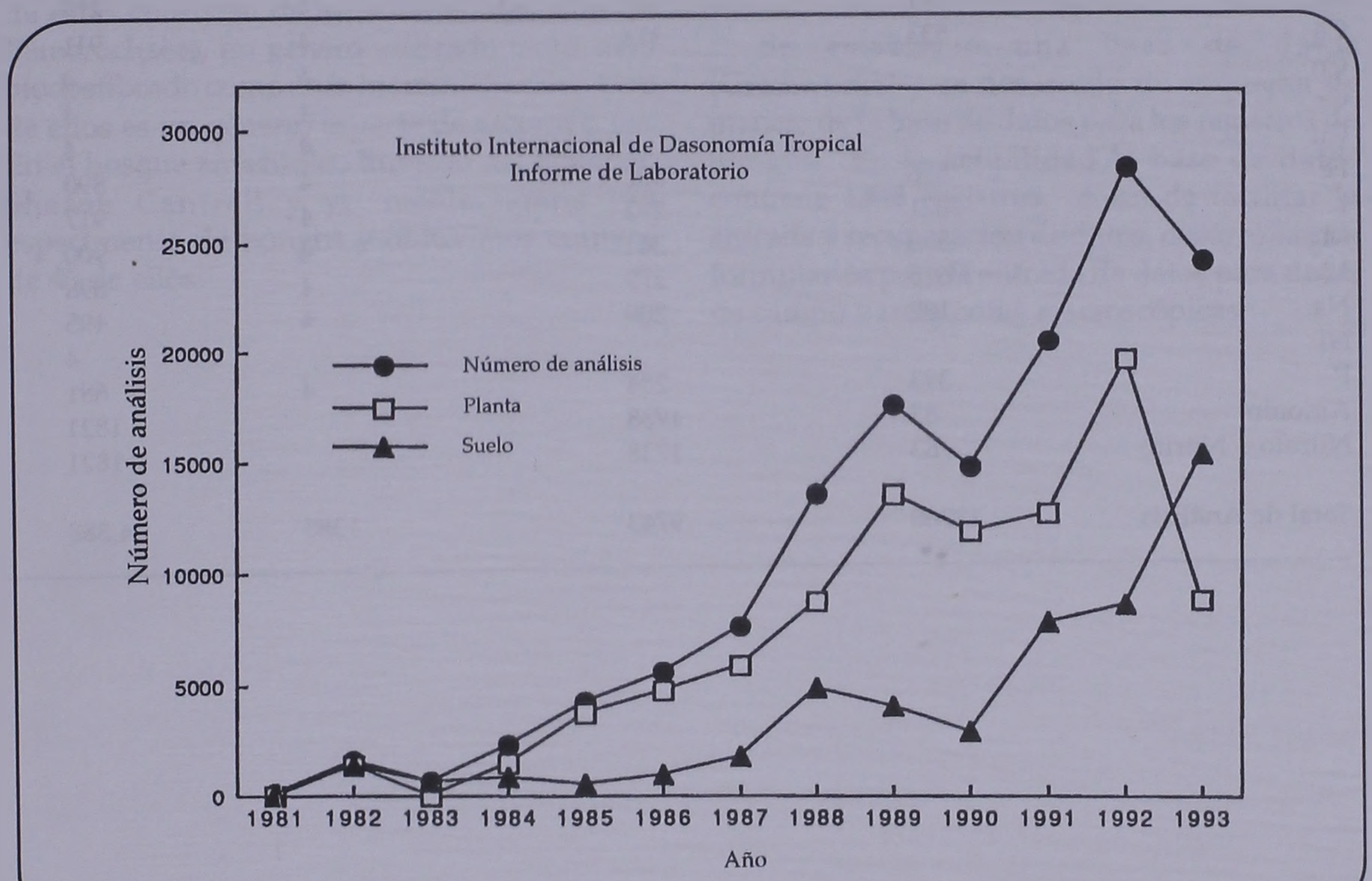

Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Informe de Laboratorio
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
Número de análisis
Número de análisis
Planta
Suelo
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
Año

Tabla 1. *-Análisis efectuados y para quién durante 1992 por el Laboratorio del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical.*

Investigador	Investigador del IIDT	Otro investigador en Puerto Rico	Investigador Internacional	Total
Al Total	868	31	143	1042
Ca	926	34	160	1120
Fe	909	24	154	1087
K	893	35	148	1076
Mg	857	24	143	1024
Mn	857	31	143	1031
N	1095	232	151	1478
Na	205			205
P	857	24	143	1024
Ceniza (%)	420	22	136	578
Densidad (bulk)	93	673		766
Pérdida por ignición	230	917		1147
Humedad (%)	140	647		787
Materia orgánica	108	574	4	686
pH (H20)	367	286	4	657
pH (KC1)	236	286	4	526
Acidez intercambiable	277	248	4	529
Al	271		4	275
Ca	533	374	4	911
Co			4	4
Cr			4	4
Cu			4	4
Fe	586	300	4	890
K	621	292	4	917
Mg	555	341	4	900
Mn	615	279	4	898
Na	182	309	4	495
Ni				4
P	393	284	4	681
Amonio	83	1738		1821
Nitrato + Nitrito	83	1738		1821
Total de Análisis	13260	9743	1385	24,388

CENTRO DE INVESTIGACIÓN MICOLÓGICA (CIM)

D.J. Lodge
Investigadora Botánica
Laboratorio de Productos Forestales

Desde septiembre del pasado año, hemos enviado aproximadamente 400 cultivos de hongos de Puerto Rico, St. John y Ecuador que atacan y descomponen la madera a la colección de cultivos del CIM en el Laboratorio de Productos Forestales en Madison, Wisconsin. Los cultivos de Puerto Rico están disponibles para examen comercial con fines farmacéuticos, como agentes para biodesfibrado, insecticidas y en la detoxificación de desperdicios tóxicos. Los cultivos del Bosque Nacional de las Islas Vírgenes de los E.E.U.U. en St. John están disponibles para propósitos de investigación solamente.

Durante el pasado año, 300 recolecciones de hongos fueron realizadas en Puerto Rico. Dos de éstas consisten de especies no descritas de Planerochaete, un género utilizado tanto en el biodesfibrado como en la bioremediación. Uno de ellos es un género/especie de ascomycetes. En el bosque amazónico lluvioso del Ecuador, Sharon Cantrell y yo recolectamos 175 especímenes de hongos y obtuvimos cultivos de 40 de ellos.

Durante una breve visita a St. John en enero 5 al 7, el Dr. Thomas Laessoe del Royal Botanic Gardens en Kew y yo, procesamos 72 colecciones de hongos, varias de las cuales son especies no descritas. Recogí 20 especímenes de hongos en la República Dominicana durante el período del 30 de abril al 5 de junio. Muchos de ellos constituyen registros nuevos para La Española.

También enviamos colecciones a Kew, Beltsville, San Francisco State University, SUNY-Cortland, University of Georgia, Oklahoma State University y a Washington State University para su clasificación.

BASE DE DATOS

Se estableció una base de datos (Greatworks) y se desarrolló un esquema de manejo de la base de datos para los registros de hongos. En la actualidad la base de datos contiene 1308 registros. A fin de facilitar la entrada y recuperación de datos, desarrollamos formularios para la entrada de datos para datos de campo y para notas macroscópicas.

*U.S. Government Printing Office: 1996 - 766-993

1992-93
Annual Letter
PUBLICATIONS
International Institute of Tropical Forestry
USDA Forest Service
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-5000

To obtain copies of publications indicated as available for distribution, please return this request form to the address above with your circled publications.

Para obtener copias de las publicaciones indicadas como disponibles para distribución, favor de circular el número deseado y devolver esta forma a la dirección arriba indicada.

001	013	025	037	049	061	073	085	097	109	121	133
002	014	026	038	050	062	074	086	098	110	122	134
003	015	027	039	051	063	075	087	099	111	123	135
004	016	028	040	052	064	076	088	100	112	124	136
005	017	029	041	053	065	077	089	101	113	125	137
006	018	030	042	054	066	078	090	102	114	126	138
007	019	031	043	055	067	079	091	103	115	127	139
008	020	032	044	056	068	080	092	104	116	128	140
009	021	033	045	057	069	081	093	105	117	129	
010	022	034	046	058	070	082	094	106	118	130	
011	023	035	047	059	071	083	095	107	119	131	
012	024	036	048	060	072	084	096	108	120	132	

Our regulations require that our mailing list be updated annually. IF ANY CORRECTION OF YOUR ADDRESS IS NECESSARY, PLEASE INDICATED BOTH YOUR CURRENT AND PREVIOUS ADDRESS AS OUR ADDRESSES ARE FILED BY GEOGRAPHICAL LOCATION.

Nuestros reglamentos requiren que la lista de distribución sea revisada anualmente. DE SER NECESARIO CORREGIR SU DIRECCION, FAVOR DE INDICARNOS TANTO SU DIRECCION ACTUAL COMO LA ANTERIOR DEBIDO A QUE NUESTRAS DIRECCIONES SON ARCHIVADAS POR LOCALIZACION GEOGRAFICA.

*IF YOU ARE NOT NOW ON OUR MAILING LIST BUT WISH TO BE PLACED ON IT, WRITE YOUR ADDRESS BELOW AND CIRCLE "NEW".

*SI ACTUALMENTE NO SE ENCUENTRA EN NUESTRA LISTA DE DISTRIBUCION PERO DESEA ESTARLO, ESCRIBA SU DIRECCION Y CIRCULE "NEW".

New or Current Address

Previous Address